

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EFFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE
NEUMÁTICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS
ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES**

PRESENTADO POR:

Bach. BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2022

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EFFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE
NEUMÁTICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS
ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES**

PRESENTADO POR:

Bach. BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2022

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza

Asesor

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está elaborado en agradecimiento a mis progenitores Mesías Hurtado y Gaudencia Dionisio, por el apoyo brindado sin condiciones y que han forjado en mi la persona que soy ahora y por la motivación constante para alcanzar mis metas.

Bach. Balmes Aurelio Hurtado Dionisio

AGRADECIMIENTO

A todos mis amigos y colegas que me motivaron para culminar este trabajo de investigación.

Agradezco a los catedráticos de la Universidad Peruana los Andes por compartir sus conocimientos durante mi formación profesional.

Agradezco al Ing. Flores Espinoza Carlos, quien fue mi asesor, por sus recomendaciones y aclaraciones en el desarrollo de esta tesis.

Bach. Hurtado Dionisio Balmes Aurelio

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.
Presidente

Ing. Julio Fredy Porras Mayta
Jurado

Ing. Nataly Lucia Cordova Zorrilla
Jurado

Ing. Dayana Mary Montalvan Salcedo
Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza.
Secretario docente

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Justificación.....	17
1.3.1. Práctica.....	17
1.3.2. Teórica.....	18
1.3.3. Metodológica.....	18
1.4. Delimitación.....	19
1.4.1. Espacial.....	19
1.4.2. Temporal.....	20
1.4.3. Económica.....	20
1.5. Limitaciones.....	20
1.6. Objetivos.....	20
1.6.1. Objetivo general.....	20
1.6.2. Objetivos específicos.....	21
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes.....	22
2.1.1. Nacionales.....	22
2.1.2. Internacionales.....	24
2.2. Marco conceptual.....	27
2.3. Definición de términos.....	51
2.4. Hipótesis.....	54

2.4.1. Hipótesis general	54
2.4.2. Hipótesis específicas	54
2.5. Variables.....	54
2.5.1. Definición conceptual de las variables	54
2.5.2. Definición operacional de las variables	55
2.5.3. Operacionalización de las variables	55
CAPÍTULO III.....	56
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	56
3.1. Método de investigación	56
3.2. Tipo de investigación.....	56
3.3. Nivel de investigación.....	57
3.4. Diseño de la investigación	57
3.5. Población y muestra	58
3.5.1. Población	58
3.5.2. Muestra.....	58
3.6. Técnicas eh instrumentos de recolección de datos	58
3.7. Procesamiento de la información	61
3.8. Técnicas y análisis de datos	62
CAPÍTULO IV	63
RESULTADOS	63
CAPÍTULO V	99
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	99
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
ANEXOS.....	109
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	110
ANEXO N° 02: PANEL FOTOGRÁFICO.....	112
ANEXO N° 03: CERTIFICADO DE LOS ENSAYOS.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estructura química del caucho de neumático.....	30
Tabla 2: Grupo de las esmectitas	34
Tabla 3: Categorías de Sub Rasante.....	36
Tabla 4: Clasificación de suelos según tamaño de partículas	38
Tabla 5: Sistema de clasificación de suelos por AASHTO	39
Tabla 6: Símbolos para identificar los tipos de suelos.....	40
Tabla 7: Clasificación de suelos según SUCS.....	41
Tabla 8: Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS.....	42
Tabla 9: Clasificación de suelos según índice de grupo.....	43
Tabla 10: Clasificación de suelos según índice de plasticidad.	49
Tabla 11: Operacionalización de las variables	55
Tabla 12: Cantidad de ensayos de MDS.	58
Tabla 13: Ensayos ejecutados.....	59
Tabla 14: Contenido de humedad del suelo natural	63
Tabla 15: Análisis granulométrico del suelo natural	64
Tabla 16: Limite liquido del suelo natural	65
Tabla 17: Limite plástico del suelo natural.....	66
Tabla 18: Índice de plasticidad del suelo natural	66
Tabla 19: Clasificación del suelo natural	67
Tabla 20: Ensayo de proctor modificado del suelo natural	67
Tabla 21: Valores de CBR del suelo en estado natural	68
Tabla 22: Resumen de las propiedades del suelo natural.....	69
Tabla 23: Análisis granulométrico del suelo + 5% de CGN	70
Tabla 24: Limite liquido del suelo + 5% CGN	71
Tabla 25: Limite plástico del suelo + 5% CGN.	72
Tabla 26: Índice de plasticidad del suelo + 5% de CGN.....	72
Tabla 27: Clasificación del suelo + 5% CGN	72
Tabla 28: Ensayo de proctor modificado del suelo + 5% de CGN.....	73
Tabla 29: Valores de CBR del suelo + 5% de CGN.....	73
Tabla 30: Análisis granulométrico del suelo + 10% de CGN	74
Tabla 31: Limite liquido del suelo + 10% de CGN	76
Tabla 32: Limite plástico del suelo + 10% de CGN	76
Tabla 33: Índice de plasticidad del suelo + 10% de CGN.....	76

Tabla 34: Clasificación del suelo + 10% CGN	77
Tabla 35: Ensayo de proctor modificado del suelo + 10% de CGN.....	77
Tabla 36: Valores de CBR del suelo + 10% de CGN.....	78
Tabla 37: Análisis granulométrico del suelo +15% de CGN	79
Tabla 38: Limite liquido del suelo + 15% CGN	80
Tabla 39: Limite plástico del suelo + 15% CGN	81
Tabla 40: Índice de plasticidad del suelo + 15% de CGN.....	81
Tabla 41: Clasificación del suelo + 15% CGN	81
Tabla 42: Valores de CBR del suelo + 15% de CGN.....	82
Tabla 43: Resultados del análisis del suelo natural con incorporación de CGN.....	83
Tabla 44: Guía general para la selección del tipo de estabilizador.....	84
Tabla 45: Guía complementaria referencial para la selección del tipo de estabilizador.....	85
Tabla 46. Costo unitario de la estabilización de subrasante con cemento portland.....	86
Tabla 47. Costo unitario de la estabilización de subrasante con cal.....	87
Tabla 48: Costo unitario de la estabilización de subrasante con CGN.	88
Tabla 49. Diferencia de costos	88
Tabla 50: Prueba de normalidad de las propiedades físicas del suelo.....	89
Tabla 51: Anova de un factor.....	90
Tabla 52: Similitud del análisis granulométrico.....	92
Tabla 53: Semejanza de los límites de Atterberg.	93
Tabla 54: Prueba de normalidad de las propiedades mecánicas del suelo.	94
Tabla 55: Anova de un factor.....	95
Tabla 56. Semejanza de la M.D.S y el O.C.H.....	96
Tabla 57. Homogeneidad del CBR.	96
Tabla 58. Precios por m2 de los materiales estabilizadores.....	97
Tabla 59. Variación porcentual cemento portland - CGN	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista del tramo San Juan Perené hasta El pajonal	17
Figura 2: Ubicación de la investigación	19
Figura 3: Proceso de reciclado de la trituración mecánica.....	29
Figura 4: Estructura del neumático	31
Figura 5: Proceso de formación de los suelos	32
Figura 6: Muestras de arcillas primarias (blancas) y secundarias (colores)	33
Figura 7: Absorción de agua por osmosis.....	34
Figura 8: Sección transversal de un pavimento flexible	35
Figura 9: Curva granulométrica de un suelo	37
Figura 10: Grafica de plasticidad.....	40
Figura 11: Definición de los límites de Atterberg.....	44
Figura 12: Equipo para el ensayo de limite líquido.....	47
Figura 13: Equipo para el límite plástico.	48
Figura 14: Curva humedad vs. Densidad.....	50
Figura 15: inmersión del molde y penetración para el cálculo de CBR	51
Figura 16: Variación de la humedad por calicata	64
Figura 17: Curva granulométrica del suelo natural.....	65
Figura 18: Curva de fluidez del suelo natural.....	66
Figura 19: Curva de compactación del suelo natural	68
Figura 20: Índice de CBR del suelo en estado natural	68
Figura 21: Curva granulométrica del suelo + 5% CGN	71
Figura 22: Curva de fluidez del suelo + 5% CGN.....	71
Figura 23: Curva de compactación del suelo + 5% de CGN	73
Figura 24: Índice de CBR del suelo + 5% de CGN	74
Figura 25: Curva granulométrica del suelo + 10% de CGN	75
Figura 26: Curva de fluidez del suelo + 10% CGN.....	76
Figura 27: Curva de compactación del suelo + 10% de CGN.....	78
Figura 28: Índice de CBR del suelo + 10% de CGN	78
Figura 29: Curva granulométrica del suelo + 15% CGN	80
Figura 30: Curva de fluidez del suelo + 15% de CGN.....	80
Figura 31: Curva de compactación del suelo + 15% de CGN.....	82
Figura 32: Índice de CBR del suelo + 15% de CGN	82
Figura 33: Comparación de precios de los materiales estabilizadores.....	97

RESUMEN

La presente investigación se propuso como problema general ¿Cuál es el efecto de adicionar caucho granular de neumáticos en las propiedades de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes?; siendo el objetivo general: evaluar el efecto al adicionar caucho granular de neumáticos en la caracterización de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes y con la hipótesis general: El caucho granular de neumáticos influye de manera significativa en las propiedades del suelo arcilloso para estabilizar subrasantes.

El método de investigación fue científico, el tipo de investigación es aplicada, el nivel de investigación fue explicativo y el diseño de investigación es cuasi experimental; la población considerada para el desarrollo de esta investigación fueron 360 kg de suelo obtenidos del tramo Anexo de San Juan de Perené – El pajonal del Distrito de Perené Provincia de Chanchamayo región Junín. La muestra fue igual a la población por lo tanto el muestreo fue no probabilístico siendo la muestra censal,

Como conclusión se demuestra que las propiedades de los suelos arcillosos mejoran con la adición controlada de caucho granular de neumático con fines de estabilizar subrasantes.

Palabras Claves: Caucho granular de neumático, propiedades de suelos arcillosos, estabilización de subrasantes.

ABSTRACT

The present investigation was proposed as a general problem: What is the effect of adding granular tire rubber on the properties of clayey soils to stabilize subgrades? being the general objective: to evaluate the effect of adding granular tire rubber in the characterization of clay soils to stabilize subgrades and with the general hypothesis: The granular tire rubber significantly influences the properties of clay soil to stabilize subgrades.

The research method was scientific, the type of research is applied, the level of research was explanatory and the research design is quasi-experimental; The population considered for the development of this research was 360 kg of soil obtained from the Annex section of San Juan de Perené - El Pajonal of the Perené District, Chanchamayo Province, Junín region. The sample was equal to the population, therefore the sampling was non-probabilistic, being the census sample,

In conclusion, it is shown that the properties of clayey soils improve with the controlled addition of granular tire rubber for the purpose of stabilizing subgrades..

Keywords: Granular tire rubber, clay soil properties, subgrade stabilization

INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: “Efecto de adicionar caucho granular de neumáticos en las propiedades de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes” nace de la problemática que presentan nuestras carreteras construidas sobre suelos arcillosos, dichos suelos en presencia de humedad tienen un comportamiento blando y en el proceso de deshidratación pierden volumen que ocasionan asentamientos en diferentes zonas de la vía; ante este tipo de comportamiento se realizó este trabajo de investigación agregando caucho granular de neumático en proporciones de 5%, 10% y 15% a los suelos arcillosos, luego analizarlos en el laboratorio y posteriormente evaluar el efecto que ocasiona esta mezcla, todo este trabajo con la finalidad de dotar al suelo arcilloso una consistencia más estables y duradera sin salir del marco normativo.

Para un mejor entendimiento, la presente investigación se ha dividido en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Problema de investigación, donde se plantea el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, justificación, limitaciones y objetivos.

Capítulo II: Marco teórico, contiene las antecedentes internacionales y nacionales de la investigación, el marco conceptual, la definición de términos, las hipótesis y variables.

Capítulo III: Metodología, consigna el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV: Resultados, desarrollado en base a los problemas, objetivos y las hipótesis.

Capítulo V: Se realiza la discusión de los resultados obtenidos en la investigación.

Para concluir con la presente investigación se dan las conclusiones, recomendaciones, reseñas bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Las vías de transporte terrestre son infraestructuras trascendentales en el avance, progreso social y económico de todos los países, sin embargo, centrándonos en América del Sur y Centroamérica, las carreteras se encuentran en proceso de deterioro porque en su mayoría estas están construidas sobre suelos expansivos es decir que ante la presencia de humedad varía su volumen, causando preocupación y dificultad a los gobiernos de cada país. Por los bajos recursos económicos en muchos países, conviene determinar técnicas efectivas de construcción, mantenimiento y mejoramiento de vías eficaces comenzando de la rentabilidad. A partir de este problema surge la necesidad de ejecutar proyectos de infraestructura vial que cumplan los requisitos de seguridad, capacidad y estética.

La construcción de carreteras en suelos expansivos (arcillosos) resultan ser un gran problema, porque los incrementos del volumen ante la variación de humedad no se presentan de manera uniforme, es decir, al producirse ensanchamientos en diferentes zonas y al momento de contraerse en el proceso de deshidratación generan asentamientos, que dañan severamente la estructura de las carreteras (Hernández, 2016).

La variada característica orográfica del Perú, ha generado diversos tipos de estratos de suelos, de los cuales, las superficies sedimentarias dominantes son de tipo arcilloso que al contacto con el agua muestran cambios de volumen que generan desequilibrio ante solicitaciones de esfuerzos, los suelos arcillosos muestran una baja capacidad portante de carga por ende no son usados como capa subrasante en carreteras. Actualmente Perú cuenta con 78 000 km de carretera entre longitudinales, de penetración y de enlace según la clasificación del MTC y solo 20 235 km son carreteras pavimentadas según la red vial nacional. Teniendo presente esta información se sabe que en el año 2016 sólo en el departamento de Pasco presentaba 313.9 km de carretera pavimentada y 2981.6 km de carretera sin pavimentar. Debido a este caso, es de suma relevancia la construcción de carreteras con un excelente diseño y en estado óptimo que facilite el transporte en las regiones y para alcanzar este objetivo se debe afirmar la estabilidad y resistencia de la subrasante que es el suelo de fundación que soporta toda la carga transitable (Quispe, 2020)

En el distrito de Perene, provincia de Chanchamayo región Junín, la superficie en general es de tipo arcilloso y limoso (**Figura 1**). Las carreteras de conexión del distrito con sus anexos y centros poblados son carreteras aperturadas (trochas carrozables) y en pocos casos a nivel de afirmados y se encuentran dañadas por falta de mantenimiento o mejora de la subrasante del suelo. Al encontrarse suelos de este tipo se puede optar a un procedimiento llamado mejoramiento o estabilización de suelos arcillosos con adición de caucho granular de neumático, la cual es una técnica donde los suelos naturales se ven en un proceso de tratamiento de modo que el resultado mejore sus cualidades o condiciones, logrando una subrasante más fija, de modo que se vuelva un terreno que logre soportar las cargas para los cuáles se diseñó; por tal motivo es de vital importancia mejorar la red vial del distrito en investigación y porque no generalizar toda la selva peruana puesto que las vías de transporte terrestre tienen el mismo inconveniente y poner en condiciones óptimas todas la vías que sea posible puesto que es imprescindible para el comercio y la comunicación de los

centros poblados de las zonas rurales con las urbanas del distrito (Quispe, 2020).

Figura 1: Vista del tramo San Juan Perené hasta El pajonal



Fuente: Elaboración propia

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de adicionar caucho granular de neumáticos en las propiedades de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué manera el caucho granular de neumático estabiliza las propiedades físicas de suelos arcillosos para subrasantes?
- b) ¿En qué modo el caucho granular de neumático estabiliza las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para subrasantes?
- c) ¿En qué medida el caucho granular de neumático incrementa el costo en la estabilización de suelos arcillosos?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica

Según Bernal (2006) se presume que una indagación posee justificación práctica cuando en el proceso de su progreso contribuye en dar solución a una necesidad y establece diversas tácticas que al

emplearse favorecen para su solución y cambiar el ambiente del ámbito de estudio.

Este trabajo de investigación científica brinda una opción de estudio en la estabilidad de suelos arcillosos de la subrasante de la vía San Juan de Perene – El pajonal (progresiva 0+000 a 3+000), con la adición de caucho granular de neumático; mejorando de esta manera las propiedades fisicomecánicas de terrenos arcillosos debido a que en épocas de invierno la vía sufre deterioro al formarse lodazales en toda su longitud causando pérdidas económicas anuales a la población agrícola que se ven restringidos al momento de sacar su producto y ofrecer al mercado nacional.

1.3.2. Teórica

La justificación Teórica está basada en el manual de ensayo de los materiales lo cual se podrá acceder a los valores mínimos de la serviciabilidad de la subrasante con el fin de que pueda cumplir con los estándares de resistencia y durabilidad.

1.3.3. Metodológica

La investigación presento una justificación metodológica, según Palella y Mastins (2012), cuando se usa nuevos métodos y estrategias específicas que pueden servir para generar nuevos conocimientos válidos y confiables.

En esta investigación se propuso una serie de procesos para fijar las características físicas y mecánicas de los suelos arcillosos al añadir caucho granular de neumático. Para su desarrollo se prosiguió con la siguiente secuencia:

- a) Se visitó el área de investigación San Juan de Perene – El pajonal (Progresiva 0+000 – 3+000) y se realizó la excavación de 1 calicata cada 1 km a una profundidad de 1.5 m, se extrajo el material (suelo arcilloso) en bolsas de polietileno y se transportó al recinto geotécnico para sus ensayos correspondientes.

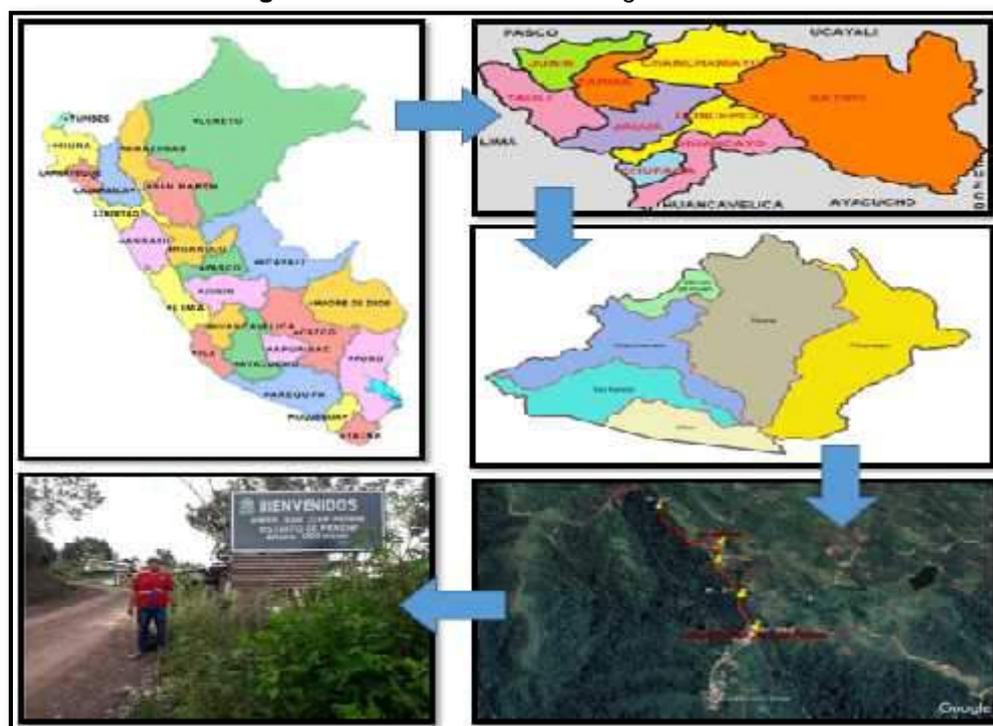
- b) Se recolecto material de caucho granular de neumático de las áreas de deportes (gras sintético).
- c) En el laboratorio de mecánica de suelos se realizó ensayos de contenido de agua en el suelo extraído, análisis granulométrico, límites de Atterberg, compactación y CBR. Primero de la muestra patrón (suelo originario), segundo añadiendo CGN con la concentración del 5%, tercero con la adición de CGN en concentración de 10% y por ultimo con la adición de CGN en concentración de 15%.
- d) Finalmente se estableció el que mejor comportamiento tuvo.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

El estudio se realizó a nivel de laboratorio en la provincia de Huancayo que pertenece al departamento de Junín, con muestras extraídas de la vía San Juan de Perene – El pajonal (Progresiva 0+000 – 3+000).

Figura 2: Ubicación de la investigación



Fuente: Google earth pro

1.4.2. Temporal

El estudio se elaboró en los meses de mayo, junio, julio y agosto del año 2021. En los cuales demandó la compilación de información, toma de muestras, ensayos, apreciación de resultados y propuestas de opciones de solución.

1.4.3. Económica

La investigación se ha ejecutado con recursos propios esto envuelve la preparación de la tesis, pruebas de laboratorio MDS movilización etc. y sin incidencia de entidades públicas ni privadas, el costo asciende a S/ 3500.70 soles.

1.5. Limitaciones

Para el desarrollo de esta investigación las limitaciones que se presentaron fueron; en primera instancia la selección del lugar a evaluar debido a que en el Distrito de Perene la mayor parte de vías para comunicarse con sus centros poblados o anexos son trochas carrozables y tenía que elegir el más crítico.

La segunda limitante fue el tránsito vehicular y peatonal de modo tal que las calicatas se excavaron a los laterales de la vía.

La tercera limitante fue la adquisición del caucho granular de neumático, debido a que los centros de venta la mayoría se encuentran en la ciudad de Lima.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar el efecto al adicionar caucho granular de neumáticos en las propiedades de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Analizar de qué manera el caucho granular de neumático estabiliza las propiedades físicas de suelos arcillosos para subrasantes.
- b) Estimar de qué modo el caucho granular de neumático estabiliza las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para subrasantes
- c) Evaluar el incremento del costo del proyecto al añadir caucho granular de neumático en la estabilización de suelos arcillosos.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Alvarez (2019), en su trabajo de investigación “Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica” presentó como **objetivo general** minimizar la contaminación que forman los desechos de neumáticos y optimizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, la **metodología** empleada fue cuantitativa de tipo aplicada con nivel explicativo con diseño experimental. Los **resultados** obtenidos fueron, para una muestra en estado natural con 28.81% de material granular gruesa, 17.92% de limos, 24.11% de material arcilloso y 29.23% de coloides y en los límites de Atterberg tuvieron un índice de plasticidad de 13.20%, límite líquido de 34.01%, límite plástico de 21.03%, un OCH de 17.4%, una MDS de 1.535 g/cm³ y un CBR de 3.2%. Con la adición de caucho en polvo sus resultados fueron un índice de plasticidad de 8%, límite líquido de 29% y un límite plástico de 21%, un OCH de 16.4%, una MDS de 1.562 g/cm³ y un CBR de 9.4%. Todos estos resultados fueron obtenidos adicionando 3.5% de polvo de caucho en relación al peso del suelo, de la cual se **concluyó**: el caucho mejoro al terreno a ser más

consistente y lograr poseer mayor firmeza a la penetración, llegando a la conclusión que el uso de caucho en polvo contribuye a mejorar la resistencia del suelo, así como también aprovechando el uso de este material para no contaminar el medio.

Rojas (2019), en su estudio “Mejoramiento de la subrasante incorporando caucho granular reciclado en la Avenida Bonavista, Carabaylo, Lima – 2019”, planteó como **objetivo principal**: añadir caucho granular reciclado, para la mejora de suelos de fundación en carreteras y establecer de qué forma intervienen en las cualidades de los suelos, aplicó la siguiente **metodología**, el método científico, presentando un dirección cuantitativa debido a que se recogieron reseñas para dar respuestas a interrogantes de indagación, el tipo aplicada debido a que se ejecutó en merced de la zona de estudio, nivel explicativo y el diseño fue experimental porque se manejó de forma intencional una variable; el terreno de la Av. Bonavista fue considerada como la población y se efectuó 2 calicatas para la toma de muestras de la cual se eligió la muestra más desfavorable siendo la calicata N° 01 con las siguientes propiedades, para un suelo en estado natural con un límite líquido de 29%, límite plástico de 17%, índice de plasticidad de 12%, MDS de 1.863 g/cm³, OCH de 13.80, CBR (al 95% de la MDS) de 5.80% y un CBR (al 100% de la MDS) de 10.50%; se obtuvieron los siguientes **resultados** adicionando 40% de caucho granular reciclado una DMS de 1.378 g/cm³, OCH de 12.50%, CBR (al 95% de la MDS) de 3.60% y un CBR (al 100% de la MDS) de 8.90% . **Concluyendo** con lo siguiente, que el material propuesto no consiguió influir en la MDS y OCH, tampoco logro influir en el incremento de CBR debido a que en el procedimiento de añadir el caucho reciclado en porcentajes distintas el CBR disminuía.

Cusquisibán (2014), en su estudio experimental “Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumático para fines constructivos de pavimento” presento como **objetivo general** optimizar los suelos cohesivos con caucho granular adquiridos de

neumáticos desechados, considerando la siguiente **metodología**, del tipo aplicada con diseño experimental, el suelo en estudio es OH y OL (arcillas y limos orgánicos de alta y baja compresibilidad respectivamente) clasificado según el sistema de clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación del suelo) y según el sistema AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes) A-7-5. Estos suelos están concentrados por arcillas orgánicas de plasticidad media y Arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad. Los suelos en estudio fueron en su estado natural con un L.L. de 50%, L.P. de 32.67%, I.P. de 17.33, una MDS de 1.77 gr/cm³, un OCH de 14.29% y un CBR de 18.18%, agregándole caucho al 60% respecto al peso del suelo se obtuvieron los siguientes **resultados**, una MDS de 2.18 gr/cm³, un OCH de 7.67% y un CBR de 56.03% (al 100% de la MDS). **Concluyendo** con lo siguiente El empleo de la adición de caucho granular mejora los suelos arcillosos transformándolo en fundaciones óptimas para carreteras. El uso de cantidades controladas de caucho granular suele ser una solución económica para el mejoramiento de suelos arcillosos.

2.1.2. Internacionales

Díaz (2017), en su descripción de grado “Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá” planteo como **objetivo** principal analizar el estado ante la implementación del Grano de Caucho Reciclado (G.C.R) en las mezclas asfálticas. Se usó una **metodología** de tipo aplicada con nivel explicativo y diseño experimental; la obtención del grano de caucho fue mediante molienda para lograr un tamaño de acuerdo a las especificadas de $\frac{1}{4}$, observando que los gránulos de caucho estén separados de acero, fibras y otros materiales que perturben la disposición del producto. Se obtuvo los siguientes **resultados**, reduce los problemas de ahuellamiento debido a la disminución de los contenidos de vacíos de aire en las mezclas asfálticas, reduce los

ciclos de compactación en los ensayos. De esta manera se **concluye** que la añadidura del caucho en las mezclas asfálticas, aparte del proceso (proceso seco o húmedo) optimiza ampliamente los usos mecánicos de los pavimentos.

Patiño (2017) en su investigación “Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado” planteó como **objetivo principal**, presentar un método de estabilización de suelo mediante adiciones de caucho reciclado, presento una **metodología** de tipo aplicada con nivel explicativo y diseño experimental, el procedimiento fue para 2 tipos de probetas las cuales son, suelo natural y suelo con caucho. Los **resultados** obtenidos fueron, para un suelo en estado natural con una granulometría de 55.60% de grava, un 30.60% de arena y material fino de 31.80%, con límites de consistencia de un L.L. de 31%, L.P. de 15%, índice de plasticidad de 16%, una MDS de 2.035 g/cm³, un OCH de 7.50, CBR al 95% de la MDS de 31.11% y un CBR al 100% de la MDS de 56.86%, siendo un suelo de excelente calidad, al adicionar caucho granulado en porcentajes de 5%, 10% y 15% la resistencia del terreno de fundación fue bajando, donde los efectos al 15% de adición de caucho granulado fueron, una MDS de 1.708 gr/cm³, un OCH de 12.40%, CBR al 95% de la MDS de 3.22% y un CBR al 100% de la MDS de 5.15%, se puede interpretar de acuerdo a estos resultados el valor de la humedad que absorbe el caucho granulado añadido y lo frágil que son los resultados al realizar un cambio a las probetas. La densidad del material mermó lo cual se puede interpretar que es un material de baja densidad por la adición del caucho; **concluyendo** finalmente que la densidad del material fue menguando en el proceso de añadir caucho en la mezcla. Por consiguiente, se puede argumentar que el peso de la mezcla suelo – caucho se aligero.

Laica (2016), en su estudio de investigación “Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base” planteo como **objetivo principal**

optimizar las cualidades mecánicas de una sub base (clase 3) a través de la inserción de caucho en desuso, uso una **metodología** de tipo aplicada y diseño experimental ; el trabajo consistió en la recolección de los insumos directos, como la sub base y el caucho desechado, primeramente se examinaron las propiedades físico-mecánicas de la sub base de esta forma práctica evaluar que el suelo cumpla con los parámetros instituidos por las normas AASHTO Y ASTM; Se realizó los ensayos de compactación, proctor modificado y relación de soporte california CBR añadiendo caucho en niveles establecidos; obteniendo los siguientes **resultados**, para un suelo en estado natural con una granulometría de 47.79% de grava, un 45.80% de arena y material fino de 6.41%, con limites de consistencia de un L.L. de 21.9%, L.P. de 20.7%, índice de plasticidad de 1.2%, una MDS de 1.99 g/cm³, un OCH de 10.40%, CBR al 95% y un CBR al 100% de la MDS de 25.00%, siendo un suelo de excelente calidad, al adicionar caucho granulado en porcentajes de 3%, 6% y 9% la capacidad portante del terreno se redujo, donde los efectos al 9% de adición de caucho granulado fueron, una MDS de 1.805 gr/cm³, un OCH de 9.3%, y un CBR al 100% de la MDS de 10.20%. concluyendo con lo siguiente los límites de plasticidad como el LL eh IP cumplen con los parámetros de diseño el LL tiene un valor de 25 y el IP posee un valor de 6, el ensayo de abrasión los ángeles también se encuentra en regla con la norma su valor es 20.98% y es menor del aceptable que es de 50%, en el ensayo de Californian Bearing Ratio El valor obtenido esta fuera de las especificaciones propuestas según las normas, **concluyendo** finalmente que basándonos en los ensayos de Proctor se comprobó que al añadir caucho en partículas en una Sub-base clase 3 resulta dañino porque a medida que se van añadiendo polímero reciclado, el peso específico seco y el contenido de agua óptimo tienden a decrecer.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Caucho

Se consigue del árbol del caucho, en forma de segregaciones tipo viscosa, que son derivadas por el árbol. La resina que se obtiene naturalmente del árbol tiene el nombre de látex, inmediatamente después de haberse conseguido la resina, este es procesado con múltiples insumos químicos, los que después dan paso a la producción del látex, los múltiples usos que se dan a este material son diversos, no obstante el uso más comercial y de notabilidad tiene es en la producción de llantas de caucho y ciertos extractos elaborados a partir de hidrocarburos, en el presente el caucho se elabora de manera artificial para lo cual se solicita que se repliquen las sistemáticas de producción (Castro, 2008).

2.2.2. Reciclado del caucho

Según Castro (2007) con el propósito de aprovechar el caucho después de haber cumplido su vida útil anteriormente como neumáticos, se puede argumentar decir que hay diversas instrucciones para abolir los tipos elásticos de los desperdicios del caucho, otorgándole casi como su forma inicial las propiedades plásticas como las del caucho no vulcanizado. Seguidamente, se mencionan los procedimientos más relevantes.

- a) **Regeneración.** – Esta actividad tiene la finalidad de romper los vínculos que componen el material para conseguir una materia prima, vale mencionar que el producto que se vuelva a rehacer difiere en gran manera de la original, pero podría volverse a reparar y producir nuevamente el caucho (Castro, 2007).
- b) **Termólisis.** – Radica en someter a los residuos de llantas a temperaturas elevadas en un espacio exento de oxígeno. La elevada temperatura y la inexistencia de oxígeno tienen la finalidad de quitar los vínculos químicos. De tal manera que nacen enlaces de hidrocarburos. De esta forma se obtiene nuevamente los

elementos iniciales del neumático, con todo este procedimiento se logra la recuperación total de los compuestos del neumático (Castro, 2007)

c) Pirolisis. – Según Castro (2007) este proceso ha sido renovado, trata de la degradación térmica del caucho sin que conlleven a reacciones de combustión; en el presente este procedimiento es capaz de degradar 28000 ton de llantas usados/año, a través de una sola línea. Los bienes conseguidos posteriormente del proceso de pirolisis son principalmente:

- Gas, parecido al gas licuado de petróleo que se puede utilizar para uso industrial.
- Aceite industrial líquido que se puede refinar en Diésel.
- Coque (combustible con pocas impurezas) y acero Mixtos

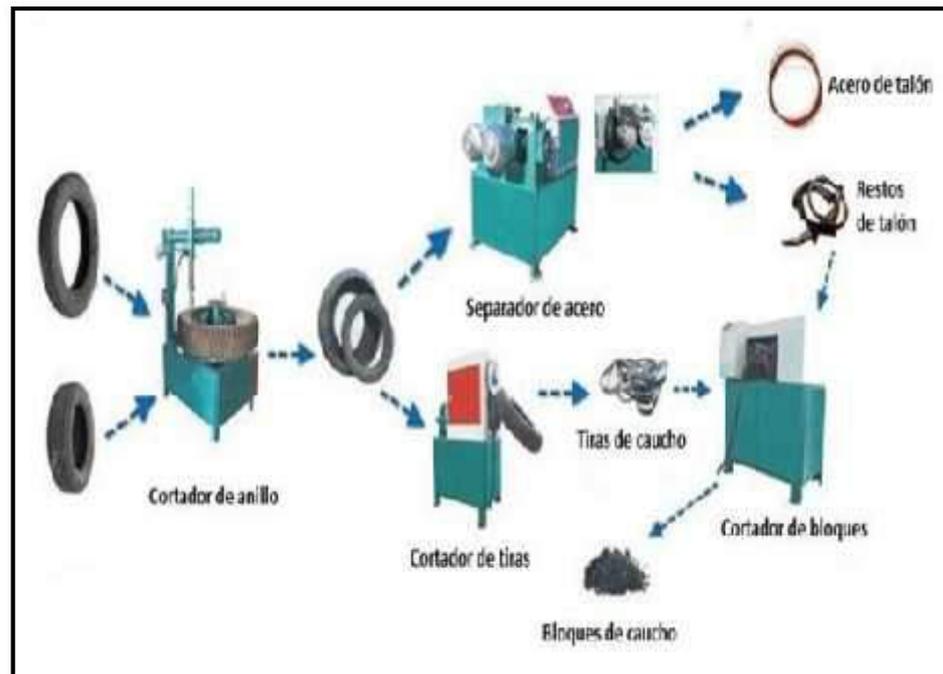
d) Trituración criogénica. – es una técnica que conlleva a someter temperaturas bajas, con lo cual el caucho se torna frágil y fácil de fragmentar en pequeñas partículas, no obstante, este proceso requiere un campus muy complicado lo que conlleva a que no sean beneficiosos si se habla de dinero y el sostenimiento de la maquinaria y del proceso sea dificultosa. Además la calidad inferior de los productos conseguidos, la dificultad material y económica para purificar y separar el caucho y el metal entre sí y de los materiales textiles que forman el neumático, provoca un desinterés en el uso de esta técnica (Castro, 2007).

e) Trituración mecánica. – Este es una actividad netamente mecánica con equipos que permite la molienda de muestras sólidas en un espacio líquido o seco, mediante el movimiento giratorio de bolas de manera que los productos conseguidos son de muy buena calidad exentos de todo tipo de contaminaciones, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. Los usos son muy diversos como materiales de relleno en productos de caucho, materiales que modifican el asfalto, pistas de

atletismo y deportes, y productos moldeados y laminados. Lo que se busca es acrecentar la eficacia y firmeza y ello acarreará a un reciclado del material mucho más amplio (Castro, 2007).

Un esquema generalizado del reciclaje mediante el proceso de trituración mecánica que se muestra en la siguiente figura:

Figura 3: Proceso de reciclado de la trituración mecánica.



Fuente: (Garrone, 2017)

De la imagen arriba se observa el trabajo de estos equipos que es retirar el cordón de acero del talón del neumático, dividirlo en tiras y luego en bloques más pequeños, de aproximadamente 50 mm x 50 mm (Garrone, 2017).

2.2.3. Estructura del caucho de neumático

A. Estructura química del neumático. – la existencia es variable de elementos químicos que constituyen un neumático, los cuales se mencionan en la tabla 1 junto a sus porcentajes respectivos, pero estos porcentajes de elementos también varían al sitio de fabricación como también al uso del neumático:

Tabla 1: Estructura química del caucho de neumático.

Elemento químico	Porcentaje
Carbono (C)	70
Hidrogeno (H)	7
Azufre (S)	1 – 3
Cloro (Cl)	0.2 – 0.6
Fierro (Fe)	15
Óxido de zinc (ZnO)	2
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	5
Cromo (Cr)	97 - ppm
Níquel (Ni)	77 – ppm
Plomo (Pb)	60 – 760 ppm
Cadmio	5 – 10 pmm
Talio	0.2 – 0.3 pmm

Fuente: Castro (2008).

B. Estructura física del neumático: formados por materiales visibles de toda la estructura del neumático, a continuación, se describe cada elemento:

- a) **Banda de rodaje:** Es la fracción del neumático, que interactúa en la interface entre la estructura del neumático y la carretera, el propósito es permitir el arrastre y el frenado de los vehículos.
- b) **Cinturones:** Son las capas del cinturón (estabilizador), conformadas por acero, que suministran aguante al neumático, fija la banda de rodamiento y preserva a ésta banda de cualquier pinchazo o maltrato.
- c) **Carcasa o Capa radial:** Trasmite todas las fuerzas causadas por la carga, el frenado, el cambio de dirección entre la rueda y la banda de rodamiento. Este componente está contiguo con los cinturones, aguantan la presión de aire. También la capa radial.
- d) **Talón:** Está formado de hilos de acero de resistencia elevada utilizado para formar una unidad de gran corpulencia, el cual mantiene el diámetro requerido de la llanta en el rin.
- e) **Revestimiento:** constituido por una o dos capas de hule especial (en neumáticos sin cámara) preparado para sostener

la presión del aire, en estos neumáticos el revestimiento sustituye la función de las cámaras.

- f) **Flanco de la goma:** su función es resistir la flexión y el exterior concediendo al mismo tiempo protección a la carcasa, Esta al costado (pared) del neumático.

Figura 4: Estructura del neumático

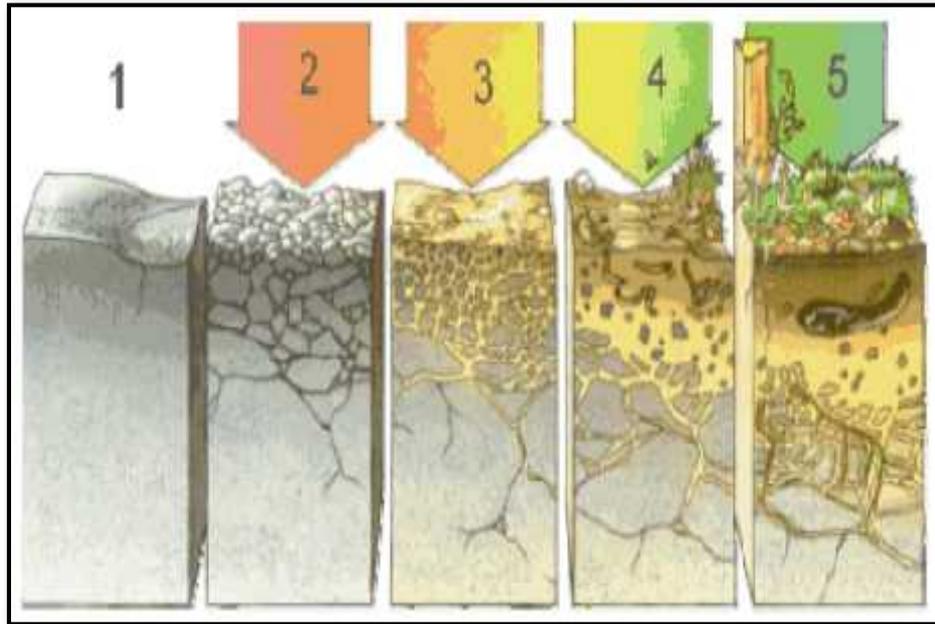


Fuente: (Garrone, 2017)

2.2.4. Suelos

Constituidos de gránulos inorgánicos de forma natural o de componentes orgánicos que poseen forma de depósito, habitualmente minerales, no obstante hay la existencia también de origen orgánico, que pueden separarse a través de una manera mecánica sencilla y que encierran cuantías tornadizos de humedad y aire (Garibay, 2018).

Figura 5: Proceso de formación de los suelos



Fuente: (Garibay, 2018)

2.2.5. Suelo arcilloso

Formadas por conglomerados de silicatos de aluminio hidratado, provenientes de la desintegración de sustancia inorgánica de aluminio. Muestran variadas tonalidades según las contaminaciones que domina, presentando un color blanco cuando es pura. Se originan de la disgregación de rocas que tienen feldespato, formadas mediante un transcurso natural que fue perdurable por muchos de miles de años. Físicamente el suelo arcilloso es un sistema físico - químico, de partículas considerablemente pequeñas y plano liso. La medida diametral de las partículas de la arcilla es menor a 0.002 milímetros (Hernando, 2012).

Los suelos arcillosos se clasifican en esenciales y supletorias, en función de cómo se las halla en su estado natural. Las arcillas esenciales se ubican en el mismo lugar en donde se constituyeron, vale mencionar que el viento o el agua no las ha trasladado. El caolín es la arcilla esencial conocida, que posee una textura más gruesa y muestra menos plasticidad, y en su fase pura es prácticamente blanca. Por el contrario las arcillas secundarias si pasaron por un proceso de traslado de la zona donde se formaron; los glaciares, el

viento y el agua son los transportadores; son mucho más frecuentes estas formas de arcillas fáciles de encontrar y su elemento primario de compuesto es la mica, hierro, cuarzo y otros minerales procedentes de diferentes fuentes (Hernando, 2012).

Figura 6: Muestras de arcillas primarias (blancas) y secundarias (colores)



Fuente: (Garibay, 2018)

2.2.6. Suelos Expansivos

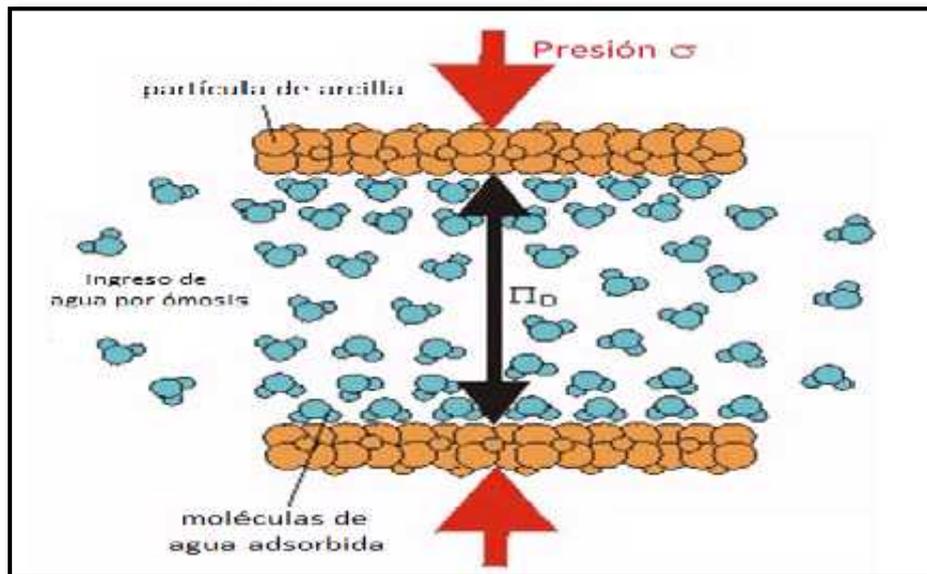
Según (Garibay, 2018) son aquellos que parcial o totalmente cubiertos por agua incrementan marcadamente su volumen, a constante carga. Esta expresión involucra asimismo la baja de volumen o contracción si el contenido de agua es mínimo, se debe tener conocimiento que la contracción es lo opuesto a la expansión. Los suelos arcillosos que en su mayoría experimentan hinchamiento cuando están en contacto con el agua, son esencialmente los que pertenecen al grupo de las esmécticas (*Tabla 2*). Esta acción por el vínculo frágil que se encuentran entre las láminas de su forma. Asimismo, cuando el sodio es el catión interlaminar, las esmécticas poseen elevada expansión, consiguiendo llegar a producirse el completo apartamiento de las láminas, obteniendo un alto nivel de desarrollo de propiedades coloidales, dando lugar a propiedades especiales (bentonitas). Si contrariamente presentan calcio o magnesio como cationes de cambio, su incremento de volumen será más bajo.

Tabla 2: Grupo de las esmectitas

Grupo de las esmectitas (arcillas expansivas más representativas)		
Montmorillonita	Nontronita	Saponita
$((\text{Na}, \text{Ca})_{0.3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O})$	$(\text{Na}_{0.3}\text{Fe}^{3+}_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O})$	$((\text{Ca}/2, \text{Na})_{0.3}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$

Fuente: (Garibay, 2018)

Figura 7: Absorción de agua por ósmosis



Fuente: (Garibay, 2018)

2.2.7. Carreteras

Son infraestructuras viales de transporte y de comunicación interurbana, su función primordial está sujeta a la tráfico de vehículos automotores, se clasifican por su demanda y orografía pueden ser pavimentadas, asfaltadas, afirmadas o solo aperturadas (MTC, 2014).

2.2.8. Estabilización de suelos

Según Montejo, 2018 la estabilización de suelos considera mejorar las cualidades propiamente del suelo de fundación (tales como firmeza, porosidad, estabilidad, consistencia, propiedad plástica, etc.). atreves de la existencia de diversas técnicas, las cuales se da mención de algunas en lo siguiente:

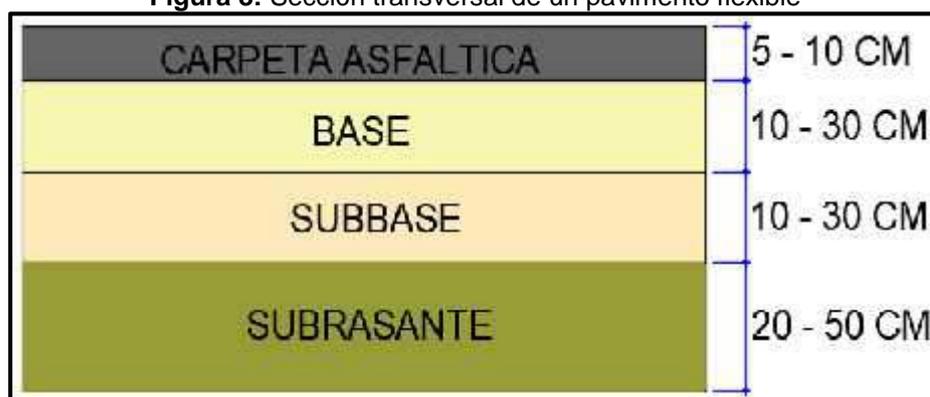
- Mescolanzas de partículas pétreas o en estado natural (estabilización mecánica).

- b) Mescolanzas de suplementos (cemento, cloruro de calcio o sodio, cal viva o apagada, asfalto, cenizas del alto horno, , etc.).
- c) Compacidad conveniente (puede ser solo al terreno como también en combinación con los suplementos sugeridos).

2.2.9. Subrasante del camino

Este componente es el nivel acabado después de haber finalizado la actividad de movimiento de tierras, seguidamente por encima de la subrasante se ubica las capas de subbase y base, culminando con la puesta del pavimento, la subrasante constituye el asiento directo de la estructura del pavimento y es pieza del cuerpo de la carretera que se edifica entre el terreno natural explanado y la estructura del pavimento (MTC, 2014).

Figura 8: Sección transversal de un pavimento flexible



Fuente: Elaboración propia

En la figura adjunta se aprecia un corte transversal con las capas que conforma un pavimento flexible, donde para propósitos de nuestra investigación observamos el espesor y la ubicación de la subrasante de una carretera que pretendemos mejorar con esta investigación.

Caracterización de las subrasantes

Para la caracterización tanto física y mecánica de los materiales de la subrasantes, se debe realizar calicatas de 1.5 m profundidad como mínima, además que éstas se deben ubicar de forma alternada y longitudinales, a distancias iguales de forma aproximadas.

El terreno que se ubica en la parte inferior de la sub rasante, con una profundidad que no sea menor a 0.60 m, tienen que ser suelos con capacidad de resistir cargas para las cuales se solicitan es decir con $CBR \geq 6\%$. Si por el contrario no presentan este rango y tengan un $CBR < 6\%$ (sub rasante pobre o inadecuada), se tiene que mejorar la resistencia de estas estratos, en esta etapa el Ingeniero analizara y brindara opciones de mejora (MTC, 2014).

Tabla 3. Categorías de Sub Rasante

CATEGORÍA DE SUB RASANTE	CBR
S0: Sub rasante inadecuada	$CBR < 3\%$
S1: Sub rasante insuficiente	De $CBR \geq 3\%$ a $CBR < 6\%$
S2: Sub rasante regular	De $CBR \geq 6\%$ a $CBR < 10\%$
S3: Sub rasante buena	De $CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$
S4: Sub rasante muy buena	De $CBR \geq 20\%$ a $CBR < 30\%$
S5: Sub rasante excelente	$CBR \geq 30\%$

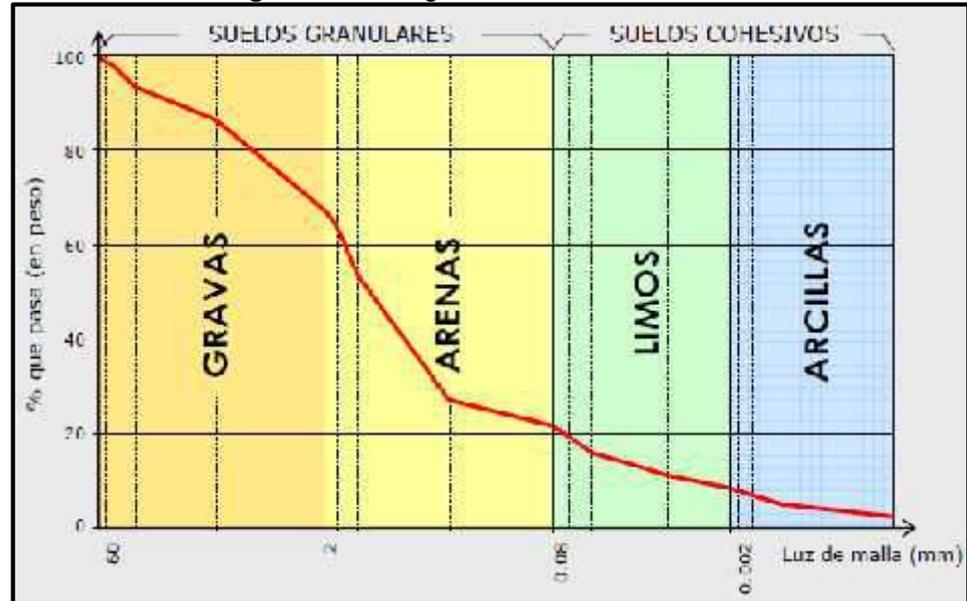
Fuente: (MTC, 2014)

2.2.10. Ensayo de granulometría

Según Botia (2015) dicho ensayo radica en la división por tamaños de partículas de una porción de suelo, se utiliza tamices con aberturas especificadas por norma. El proceso de separación en porciones de las partículas se hace por movimientos o agitación de todas las mallas una a continuación de otra en forma de torre, culminando dicho movimiento se pesan y se toman nota las porciones contenidas en cada malla esta actividad no determina exactamente el tamaño de cada partícula, pero si se puede congregarlás por categorías de tamaño. Generalmente se ha estandarizado que sea la malla No. 200 (0.075 mm) como línea divisoria en la categorización de suelos; como finos y gruesos. Y culminando, a través de una curva de distribución, partiendo por un plano bidimensional donde en el eje X corresponde al diámetro de las partículas y en el eje Y es el porcentaje retenido, se fija con un elevado porcentaje de acercamiento a lo existente, la diversidad de tamaños de partículas que disponen el suelo en estudio.

Este ensayo es regido por La Norma Técnica Peruana (NTP) NTP 400.012:2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

Figura 9: Curva granulométrica de un suelo



Fuente: Bañón & Beviá, 2000

El procedimiento del ensayo es el siguiente:

- a) Emplear mallas con medidas específicas y colocarlas en una columna de forma descendente.
- b) Se comienza echando la muestra por la malla con la abertura más grande.
- c) A la columna de mallas se le aplica movimientos vibratorios y rotacionales, puede ser manualmente con una maquina especial.
- d) Finalizando el movimiento se toma y se apunta el peso de cada porción retenida en cada malla.
- e) Teniendo en cuenta el peso inicial y el peso retenido en cada tamiz se diseña la curva granulométrica.

Se tienen los siguientes términos según el tamaño de las partículas de suelo:

Tabla 4. Clasificación de suelos según tamaño de partículas

TIPO DE MATERIAL	TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS
Grava	75 mm - 4.75 mm
Arena	Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
	Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm
	Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material fino	Limo 0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla Menor a 0.005 mm

Fuente: (MTC, 2014)

2.2.11. Descripción de los suelos

Todos los tipos de suelos tienen una característica distinta debido a los variados porcentajes de material grueso y fino que poseen en su estado natural por esta variada característica serán definidos y clasificados de acuerdo a la metodología para la construcción de vías, la clasificación se llevará a cabo obligatoriamente por dos sistemas que son la AASHTO Y SUCS, se utilizarán signos convencionales descritas por el manual de carreteras peruanas en la apartado suelos y pavimentos (MTC, 2014).

a) Sistema de clasificación de suelos por AASHTO

Según este sistema los suelos se clasifican en siete grupos principales a partir de una distribución granulométrica y la influencia también de los porcentajes de limite líquido, limite plástico, eh índice de plasticidad según como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5: Sistema de clasificación de suelos por AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10	50 máx						
Malla núm. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)	6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa	Excelente a buena						
Clasificación general	Materiales de limo y arcillo (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-4	A-5	A-6	A-7			
				A-7-5 ^a A-7-6 ^b			
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10							
Malla núm. 40							
Malla núm. 200	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín			
Para la fracción que pasa Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín			
Índice de plasticidad (IP)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín			
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos				
Calificación subrasante	Regular a malo						

Fuente: (Braja Das, 2011)

De la **Tabla 5** se describen los conjuntos de suelos en las categorías A-1, A-2 y A-3 son fracciones de tipo partícula gruesa, y los que se ubican en la categorías A-4, A-5, A-6 y A-7 son fracciones de partícula fina

b) Sistema de clasificación de suelos por SUCS

Se basa en el sistema de clasificación desarrollado por Casagrande durante la Segunda Guerra Mundial. los suelos de un sistema unificado se eligen por un símbolo de 2 letras: el primero supone que el primordial elemento es la tierra, y la segunda se basa en la curva granulométrica describiendo informaciones o características de plasticidad. Se manejan los símbolos de las letras las cuales se muestran en la **Tabla 6**:

Tabla 6: Símbolos para identificar los tipos de suelos.

Alegoría	C	M	S	G	O	Pt
Definición	Clay (Arcilla)	Mud (Limo)	Sand (Arena)	Gravel (Grava)	Limos orgánicos y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos

Fuente: (Braja Das, 2011)

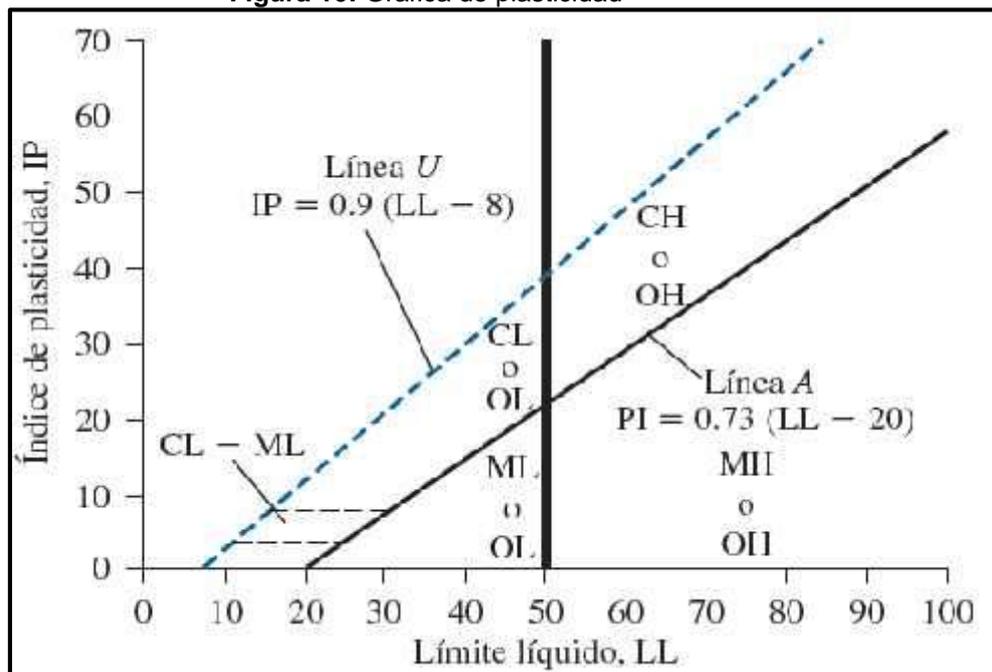
Continuación de la tabla 6

Alegoría	H	L	W	P
Definición	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

Fuente: (Braja Das, 2011)

En la **Figura 10** carta de plasticidad muestra los valores en un campo de coordenadas entre el límite líquido y el índice de plasticidad, donde se discriminan las arcillas y los limos de acuerdo a su interrelación (Braja Das, 2011).

Figura 10: Grafica de plasticidad



Fuente: (Braja Das, 2011)

En la **Tabla 7** se desarrolla la clasificación de suelos en función a la granulometría y a los límites de Atterberg.

Tabla 7: Clasificación de suelos según SUCS.

Suelos finos						Suelos gruesos							
Suelos que pasa la malla Nº 200 es > 50%						Suelos que pasa la malla Nº 200 es < al 50%							
baja plasticidad			alta plasticidad			arenas				gravas			
Límite Líquido < 50%			Límite Líquido > 50%			La porción de fracción gruesa que pasa la malla Nº 4 es mayor				La porción de fracción gruesa que pasa la malla Nº 4 es menor			
OL	ML	CL	OH	MH	CH	De acuerdo al porcentaje que pasa la malla Nº 200 se tiene:							
						% que pasa la malla Nº 200				Probable tipo de suelo			
						Menor o igual al 5%				GW, SW, GP o SP			
						entre 5% y 12%				Hay que usar simbología doble			
						mayor del 12%				GM, GC, SM, SC			
						SC	SM	SP	SW	GC	GM	GP	GW
						Sobre la línea "A"	Bajo la línea "A"	No cumple anteriores	Cu > 6 y 1 < Cc < 3	Sobre la línea "A"	Bajo la línea "A"	No cumple anteriores	Cu > 6 y 1 < Cc < 3

Fuente: (Braja Das, 2011)

De acuerdo con el manual (MTC, 2014) Definidas las particularidades de los suelos, se puede evaluar con suficiente acercamiento el actuar de los suelos ante sollicitaciones de carga, esencialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos.

Los suelos evaluados se clasificarán con los dos sistemas explicados líneas arriba y como se muestra en la tabla 7. Esta categorización predice de forma aproximada el actuar del suelo para la cual se está evaluando y que favorecerá a demarcar los lugares parecidos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación, se ve un cuadro comparativo de la semejanza de los dos sistemas de clasificación más populares, AASHTO y ASTM (SUCS):

Tabla 8: Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS

CATEGORIZACIÓN DE SUELOS AASHTO	CATEGORIZACIÓN DE SUELOS SUCS
AASHTO M-145	ASTM-D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A - 2	GM, GC, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	OH, MH, CH

Fuente: (MTC, 2014)

2.2.12. Índice de grupo

Según (MTC, 2014) es un parámetro estipulado por el sistema AASHTO de uso estándar con la finalidad de clasificar suelos, se basa en los límites de plasticidad en gran manera. Este índice queda sustentado mediante la fórmula:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01(bd)$$

Donde:

a = F-35 (F = Porción de suelo que pasa la malla N^o 200 -74 micras). Indicado por un dígito entero positivo en un intervalo de entre 1 y 40.

b = F-15 (F = Porción de suelo que pasa la malla N^o 200 -74 micras). Indicado por un dígito entero positivo en un intervalo de entre 1 y 40.

c = LL – 40 (LL = límite líquido). Indicado por un digito entero en un intervalo de entre 0 y 20.

d = IP-10 (IP = índice plástico). Indicado por un dígito entero en un intervalo de entre 0 y 20 o más.

El Índice de Grupo es un número entero positivo, en un intervalo de 0 y 20 o más. Si el índice de grupo resulta negativo, se tiene que validar como 0 lo cual significa que es un suelo muy bueno y si resulta un índice a 20, esto refleja un suelo no apto para el diseño de carreteras.

Tabla 9: Clasificación de suelos según índice de grupo

ÍNDICE DE GRUPO	SUELO DE SUBRASANTE
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 - 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno

Fuente: (MTC, 2014)

2.2.13. Ensayo contenido de humedad

El comportamiento del suelo se puede comparar con el de una esponja por su manera de absorber agua dentro de su cuerpo y esta cantidad de agua absorbida va depender de su textura y estructura. El contenido de agua de un suelo va estar comprendido en una relación existente entre la masa de agua que se coloca en el interior poroso del suelo, y la masa propia de las partículas de suelo. Se puede calcular también esta humedad como la suma del agua libre, capilar e higroscópica (Botia, 2015)

Es de suma importancia calcular el contenido de humedad en un suelo para posteriormente tratar propiedades como la afinidad, consistencia, cambios de volumen y firmeza mecánica (Botia, 2015)

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_f} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

W : es el contenido de humedad (%).

W_w : peso del agua (g).

W_s : peso seco del material (g).

W_1 : es el peso de tara más el suelo húmedo (g).

- W_2 : es el peso de tara más el suelo secado en horno (g).
 W_t : es el peso de tara (g).

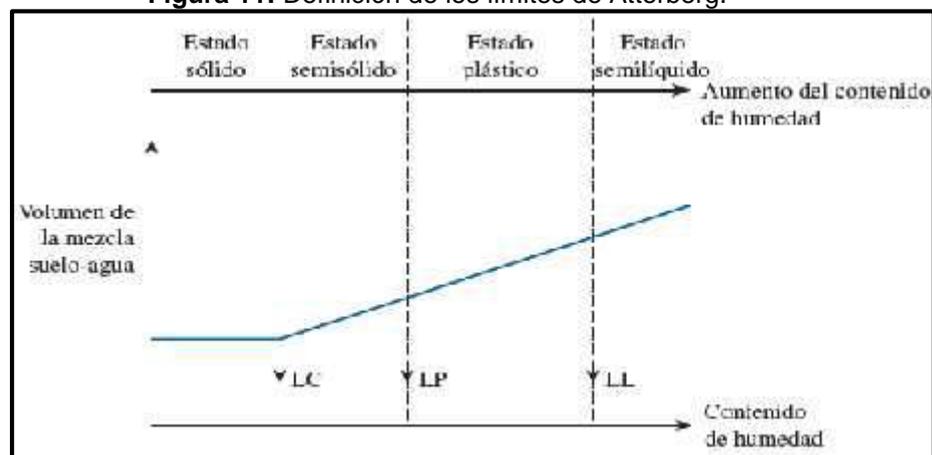
Este ensayo está regido por la norma A.S.T.M D 2216-80/A.A.S.H.T.O T-93; y el procedimiento del ensayo es el siguiente:

- a) Se identifican y se pesan las taras con la cual se va a trabajar.
- b) Se toman muestras representativas del suelo a evaluar y colocar en las taras correspondientes midiendo el peso húmedo.
- c) Llevar las muestras al horno a una temperatura de constante de 110° C durante 24 horas.
- d) Pasada las 24 horas sacar del horno, luego de enfriar pesarlo.
- e) El contenido de humedad es el peso del agua entre el peso seco.

2.2.14. Ensayo límites de Atterberg

Según Botia, (2015), dependiendo de la presencia de agua cambia el comportamiento del suelo. Esto se acentúa en suelos donde sus partículas arcillosas son predominantes, toda vez que las manifestaciones de nexos superficial se imponen a los de tipo gravitacional.

Figura 11: Definición de los límites de Atterberg.



Fuente: (Braja Das, 2011)

A. **Limite líquido.** Es el contenido de agua representado en porcentaje cuyo contenido es propio a la línea de corte de tendencia en los 25 golpes (Botia, 2015).

Este ensayo está regido por la norma A.S.T.M D423, cuyo procedimiento es el siguiente:

- a) Secar al aire libre aproximadamente 2 kg del material.
- b) Con el uso de un martillo de goma se tritura la porción de suelo en una bandeja.
- c) Tamizar el material por la malla N° 40 y realizar el ensayo con 200 gr en porción que paso este tamiz.
- d) Colocar en una bandeja de porcelana 150 gr de la porción de suelo tamizado y añadir agua por goteo o en forma controlada (15 a 20 ml), usando una espátula combinar hasta alcanzar una pastosidad uniforme, dicha pasta debe poseer una consistencia viscosa añadir agua hasta que la consistencia final permita un numero de golpes para la falla en el rango de 30 a 40 golpes.
- e) La muestra trabajada se coloca en la copa Casagrande, ocupando 1/3 parte de la copa, nivelar y enrasar la superficie de la pasta de suelo diligentemente con la espátula y realizar una ranura aproximado de 13 mm con el acanalador por el medio de la pasta.
- f) El siguiente paso es girar la manija de la copa a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo, seguir girando hasta que la ranura de 13 mm se cierre, seguidamente se toma apunte del número de golpes que fue necesario para cerrar la ranura.
- g) A veces las muestras de suelos ensayadas tienden a deslizarse sobre la copa en lugar de fluir sobre la superficie de la taza. Verificar si está ocurriendo esto y si eso sucede se deberá añadir más agua a la mezcla, nuevamente se hará la ranura y se repetirá el Punto anterior; si el suelo sigue deslizándose

sobre la taza de bronce a un número de golpes que sea menor a 25, se concluirá mencionando que el LL no se logra determinar por lo tanto no es aplicable este ensayo.

- h)** Separe una porción de suelo alrededor del ancho de la espátula, tomándola varios lados y en ángulo de 90° con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y coloque en una vasija adecuada.
- i)** Traslade el suelo ensayado sobrante de la copa a la cápsula de porcelana. Lave los materiales, prepare otra porción de suelo y repita el ensayo.
- j)** Esta operación se debe repetir por lo menos en 2 ensayos más, con la muestra sobrante en la vasija de porcelana. La esencia de este ensayo es conseguir muestras de tal consistencia que por lo menos una de los valores del número de golpes necesarios para cerrar la ranura del suelo se encuentre en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; 20-30; 15-25. De este modo, el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.
- k)** El paso siguiente es calcular el porcentaje de agua en la muestra de suelo, indicando como porcentaje del peso del suelo, con aproximación a un entero.
- l)** Se elabora la curva de fluidez que representa la relación entre el contenido de humedad y el número de golpes calculados en la taza de bronce; en un gráfico semilogarítmico elaborado en papel o en excel. Con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes en escala logarítmica ubicada en la abscisa. La curva de flujo es una línea recta promedia, que pasa tan cerca como sea posible a través de los tres o más puntos obtenidos en el ensayo. Finalmente se halla el valor del límite líquido que viene a ser la intersección de

la curva de flujo con la abscisa de 25 golpes este valor debe aproximarse a un valor entero.

Figura 12: Equipo para el ensayo de limite líquido.



Fuente: Botia, 2015

B. **Limite plástico.** Cabe señalar que es el límite inferior del estado plástico. El limite plástico se origina cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico, todo este proceso se ve afectado por el nivel de humedad contenida en el suelo (Botia, 2015).

Este ensayo está regido por la norma A.S.T.M D423, cuyo procedimiento es el siguiente:

- a) Se trabaja con la misma muestra que se ejecutó el límite líquido, se coge alrededor de 20 gr de muestra preparado para el ensayo de límite líquido. Se realiza una mezcla con agua destilada hasta formar con facilidad una esfera con la masa de suelo. De esta esfera de masa se agarra una fracción de 1,5 gr a 2,0 gr como muestra para el ensayo.
- b) De la muestra extraída se manipula en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa especialmente vidrio donde pueda perder humedad, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

- c) Si el cilindro no ha llegado a tener un diámetro de 3.2 mm (1/8") y se desmorona o presenta grietas, se vuelve a realizar un elipsoide y por consiguiente nuevamente el proceso cuantas veces sea preciso, esta actividad se realiza hasta que se desmorone o agriete llegando casi a dicho diámetro.
- d) El agrietamiento se presenta de distintas formas, en cada tipo de suelos debido a su diversidad: el cilindro se divide en trozos de unos 6 mm de largo en suelos demasiado plásticos, mientras que en suelos menos plásticos los trozos son más pequeños.
- e) Este proceso de formar cilindros con la finalidad que pierda humedad se repite continuamente, hasta congregarse unos 7 g de suelo. La humedad se calcula siguiendo el procedimiento del ensayo de contenido de humedad.
- f) Este ensayo se repite para tener por lo menos 2 muestras.
- g) Se calcula el promedio de los dos contenidos de humedad.
- h) El promedio de las humedades de ambas de ambas muestras viene a ser el límite plástico. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero.

Figura 13: Equipo para el límite plástico.



Fuente: Botia, 2015

C. **Índice de plasticidad.** Este parámetro está en función del % de arcilla existente y muestra la finura del suelo y su capacidad para alterar de forma sin afectar su volumen. El cálculo de este parámetro se halla restando el valor del límite líquido menos el valor del límite plástico. Un IP elevado quiere decir que ese suelo presenta un valor alto de arcilla. Si el LP resulta mayor o igual al LL, su valor será siempre cero (Badillo, 2010).

Tabla 10: Clasificación de suelos según índice de plasticidad.

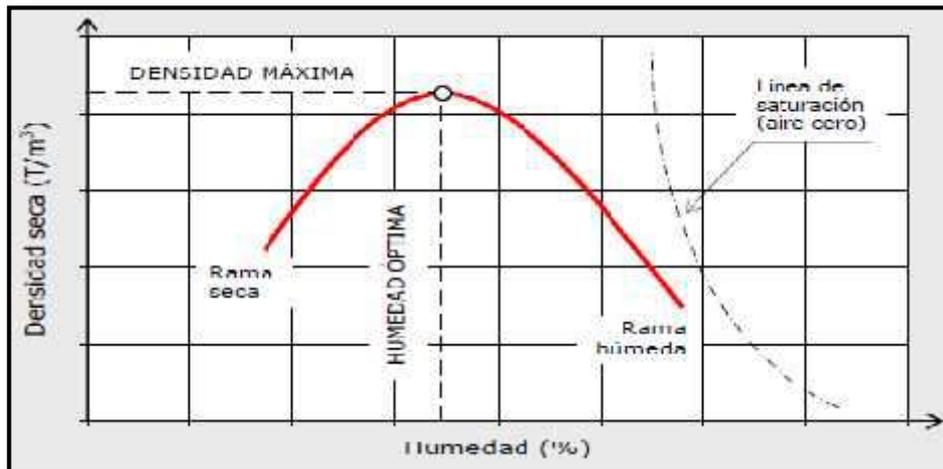
I.P	PLASTICIDAD	PECULIARIDAD
IP > 20	Alta	Suelos bastante arcillosos
IP ≤ 20 , IP > 7	Media	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: (MTC, 2014)

2.2.15. Ensayo de Proctor modificado

Regido por la norma A.S.T.M D-1557, este ensayo es un trabajo mecánico por el cual las partículas de un suelo son forzadas a estar más en contacto unas de otras, provocando una contracción en su relación de vacíos, este proceder se ha nombrado compactación. Este ensayo causa una mejora formidable en las propiedades ingenieriles de los suelos, cabe señalar que a través de este ensayo el suelo ya no se deforma considerablemente, aumenta su densidad, se vuelve impermeable, su resistencia al corte aumenta. En la actualidad existen gran variedad de equipos que realizan dicho ensayo por lo que es conveniente indicar que los métodos utilizados para la compactación son distintos esto se sujeta en función de las características de los suelos a compactar, (Botia, 2015)

Figura 14: Curva humedad vs. Densidad



Fuente: Bañón & Beviá, 2000

2.2.16. Ensayo capacidad soporte california (CBR, California Bearing Ratio)

Según Botia (2015) La abreviación “CBR” corresponde al California Bearing Ratio, es una técnica de estudio de materiales desarrollado en el año de 1929 por la División de Carreteras de California, se desarrolló con el objeto de darle una categorización a la capacidad del suelo para ser utilizado como material de base o subbase. Se le conoce también como ensayo de relación de soporte, esta labor se realiza mediante pruebas de laboratorio y bajo condiciones de humedad y densidad controlada por medio de estos sondeos se calcula la resistencia al corte de un suelo en el estado en que este se encuentre en ese momento.

Este ensayo está regido por la norma ASTM D-1883, AASHTO T-193. La prueba o ensayo de CBR es habitualmente utilizado para examinar materiales cuyo diámetro máximo de partículas es de $\frac{3}{4}$ ”, habiendo técnicas adicionales para los casos en los cuales no se cumpla con este tipo de granulometría, pero debido a que dichas técnicas no forman parte del alcance de este manual, no se detallara sobre los mismos (Botia, 2015).

Figura 15: inmersión del molde y penetración para el cálculo de CBR



Fuente: Botia, 2015

Culminado el ensayo se puntualiza que valor de CBR tiene cada sector con sus respectivas peculiaridades homogéneas, se especifica a qué calidad de subrasante concierne, según la **Tabla 3**.

2.3. Definición de términos

Según, (MTC, 2018) se define:

2.3.1. Absorción

Es un desarrollo donde un fluido es retenido por un material después de cierto tiempo de exposición (suelo, rocas, maderas, etc.).

2.3.2. Agregado

Componente pétreo de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado generalmente para ser mezclado con diferentes aditivos.

2.3.3. Agregado fino

Por lo general pasa el tamiz N° 4 (4,75 mm). Es el material derivado de la separación natural o artificial de partículas cuya granulometría es definida por las especificaciones técnicas correspondientes de cada país.

2.3.4. Agregado grueso

Por lo regular es retenida en el tamiz N°4 (4,75 mm). Este material grueso es proveniente de la disgregación natural o artificial de partículas cuya granulometría es fijada por las especificaciones técnicas correspondientes cada país.

2.3.5. Asentamiento

Desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

2.3.6. Calicata

Excavación que se realiza en el terreno que nos permite estudiar la estratigrafía del suelo a diferentes profundidades.

2.3.7. Capacidad de carga del terreno

Es la resistencia admisible del suelo de cimentación considerando factores de seguridad apropiados al análisis que se efectúa.

2.3.8. Capacidad de carga ultima del terreno

Sin tener en cuenta el factor de seguridad se dice que la carga última es la presión requerida para producir la falla del terreno.

2.3.9. Contracción

Es una disminución en sus dimensiones cuando se aplica un esfuerzo volumétrico.

2.3.10. Curva granulométrica

A través de una curva de distribución se realiza en un plano bidimensional donde en el eje X corresponde al diámetro de las partículas y en el eje Y es el porcentaje retenido, se fija con un elevado porcentaje de acercamiento a lo existente, la diversidad de tamaños de partículas que disponen el suelo en estudio.

2.3.11. Densidad

Es la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

2.3.12. Ensayo de compresión

A partir de este sondeo se precisa la resistencia de un material o su deformación ante una energía de compresión.

2.3.13. Estrato

Masa mineral en forma de capa de espesor más o menos uniforme, que constituye los terrenos sedimentarios.

2.3.14. Grava

Es la porción gruesa retenida hasta el tamiz N° 4, es obtenido mediante una transformación natural o artificial de los materiales rocosos.

2.3.15. Inestabilidad

Es la merma de tenacidad ante las fuerzas que tienden a ocasionar movimiento o distorsión de una estructura.

2.3.16. Máxima densidad seca

Es la mayor densidad que alcanza un suelo al ser compactado en presencia de una humedad óptima.

2.3.17. Mejoramiento

Es la ejecución de trabajos sobre una estructura ya existente donde se realizan ciertas modificaciones o construcciones pequeñas. Si se habla de mejoramiento de suelos este está asociada a implementar procedimientos mecánicos con la adherencia de aditivos.

2.3.18. Suelos expansivos

En si son suelos arcillosos inestables que en contacto con la humedad se aprecian cambios su forma, por expansión o contracción, exponiendo al peligro a las estructuras.

2.3.19. Suelos inalterados

Son suelos vírgenes cohesivos que conservan su forma natural, su estructura y humedad.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El caucho granular de neumáticos incide de manera significativa en las propiedades del suelo arcilloso para estabilizar subrasantes.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El caucho granular de neumático influye de manera significativa en las propiedades físicas de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes.
- b) El caucho granular de neumático contribuye de manera significativa en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes.
- c) La adición de caucho granular de neumático para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos reduce el costo en un 15% en comparación con los estabilizadores tradicionales.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

Variable independiente (X): Caucho granular – Procede por lo general de las llantas, comúnmente hablando recogidos de automóviles y camiones. En el proceso de reciclaje de los neumáticos, se descarta todos los pertrechos que no sea caucho como suciedad, alambres y pelusa. Los residuos sobrantes de caucho se reducen a un tamaño más manipulable desde 7 mm a polvo de caucho, usando por lo común un molino mecánico (Leiva, 2016).

Variable dependiente (Y): Propiedades de suelos arcillosos. – Un suelo clasificado como arcilloso es aquél en el que prepondera la arcilla sobre las demás porciones de otros minerales. La arcilla es un conjunto de partículas minerales muy pequeñas, de menos de 0.001 mm. de diámetro, a diferencia de otras partículas de suelo como el limo y la arena, por orden de tamaño, de menor a mayor.

Un suelo arcilloso poseerá también parte de limo y de arena, pero imperará la arcilla, en distintas proporciones según el suelo en investigación (Quesada, 2008).

2.5.2. Definición operacional de las variables

a) Variable independiente (X)

Caucho granular. – El caucho granular de neumático se mide en proporciones respecto al peso del suelo en porcentajes de 5%, 10% y 20%

b) Variable dependiente (Y)

Propiedades del suelo arcilloso. – Son características medidas mediante las cualidades físicas (análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de plasticidad) y mecánicas (ensayo de compactación y cbr) del suelo arcilloso.

2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 11: Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Variable independiente (X): Caucho Granular	Cantidad	Proporciones de caucho granular en 5%, 10% y 15% respecto al peso del suelo	%
Variable dependiente (Y): Propiedades del suelo arcilloso	Propiedades físicas	Análisis Granulométrico	%
		Contenido de Humedad	%
		Límite Líquido	%
		Límite plástico	%
		Índice de plasticidad	%
	Propiedades mecánicas	Proctor modificado	% - gr/cm ³
		CBR	%

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación

La investigación utilizó el método científico, este método se caracteriza por emplear inventivas definidas por cada área en particular de cognición, estas son pactadas y reconocidas por cada sociedad científica para su uso. Efectivamente, existe gran acuerdo en diversas ciencias con excepción de las sociales. Se trata, singularmente, de las metodologías de punta que admiten un progreso sobre el conocimiento alcanzado hasta ese momento. El método científico gestiona la precisión y en el proceso va perfeccionando la exactitud. El progreso de nuevos métodos se forja cuando surgen nuevos conocimientos (Ramirez, 2005).

Según lo antes definido, se utilizó este método porque permite generar nuevos conocimientos mediante procedimientos sistematizados como el reconocimiento, enunciado de la carencia, formulación de la hipótesis, discusión y efectos.

3.2. Tipo de investigación

La investigación fue del tipo aplicada, la finalidad de este tipo es dar solución a un problema fijo de la población o las empresas. La investigación aplicada, expuesto en otras palabras, da solución a dificultades reales. Por otro lado, se apoya en la investigación básica para alcanzar su búsqueda.

La investigación básica le contribuye los conocimientos hipotéticos necesarios para dar solución a problemas o mejorar la calidad de vida. (Arias, 2020) .

De esta manera con el desarrollo de la investigación se pretendió dotar u optimizar la estructura del suelo arcilloso añadiendo caucho granular de neumático en proporciones razonables; utilizando conceptos como la resistencia del suelo ante solicitaciones de carga, límites de consistencia tipo de suelo, etc.

3.3. Nivel de investigación

Para la investigación se consideró el nivel explicativo, pues según Yanez (2015), la investigación explicativa está enfocado a fundar los orígenes que produce un fenómeno fijo. Se trata de un tipo de investigación cuantitativa que manifiesta el por qué y el para qué de un fenómeno. De lo anteriormente investigado se revelan los orígenes y consecuencias de un inicio de investigación explicativa que crea definiciones operativas referidas al fenómeno en estudio y provee una guía más cercana a la realidad del objeto de investigación.

En el desarrollo del presente estudio se utilizó este nivel porque permitió analizar el comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso en su estado natural comparado con otra muestra de suelo arcilloso pero adicionado CGN en diferentes porcentajes.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación de esta tesis fue de tipo cuasi experimental porque según esta tipología se dice que manejan las variables independientes disponibles con la finalidad de observar sus efectos sobre las variables dependientes en un ambiente de inspección y de esa forma medir sus resultados, todo esto con una muestra ya determinada antes de la realización del experimento, los diseños cuasi experimentales se aplican a situaciones reales (Sampieri, 2004).

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población considerada para el desarrollo de esta investigación fueron 360 kg de suelo obtenidos del tramo Anexo de San Juan de Perené – El pajonal del Distrito de Perené Provincia de Chanchamayo región Junín.

3.5.2. Muestra

El tamaño de la muestra fue igual al tamaño de la población. Por lo tanto, se utilizó el muestreo no probabilístico siendo la muestra censal. Es decir, se utilizaron los 360 kg de suelo de las 3 calicatas realizadas en el tramo San Juan de Perené – El pajonal.

Del lugar mencionada se extrajo muestras representativas de suelo con la finalidad de realizar los siguientes ensayos en el laboratorio.

Tabla 12: Cantidad de ensayos de MDS.

Muestra	Contenido de Humedad	Análisis Granulométrico	Limite Liquido	Limite Plástico	Índice de plasticidad	Proctor modificado	CBR
Suelo Patrón	3	3	3	3	3	3	3
Suelo con 5% caucho granular		3	3	3	3	3	3
Suelo con 10% caucho granular		3	3	3	3	3	3
Suelo con 15% caucho granular		3	3	3	3	3	3
TOTAL	3	12	12	12	12	12	12

Fuente: Elaboración propia

3.6. Técnicas eh instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Observación directa:

En todo el proceso de la presente investigación se estuvo en contacto personal con las actividades (toma de muestras, ensayos de laboratorio, análisis de resultados) realizadas. Se definió el lugar de la

presente investigación lo cual fue el anexo de San Juan de Perene hacia el sector llamado el pajonal.

Análisis de documentos:

En la tesis de investigación presente, el estudio de documentos es una técnica que se basa en la búsqueda de información digital por lo cual fue utilizado en todo momento de la investigación especialmente en los ensayos geotécnicos ejecutados en los que se revisó manuales, normas y reglamentos que guiaron el desarrollo de esta investigación.

Pruebas estandarizadas:

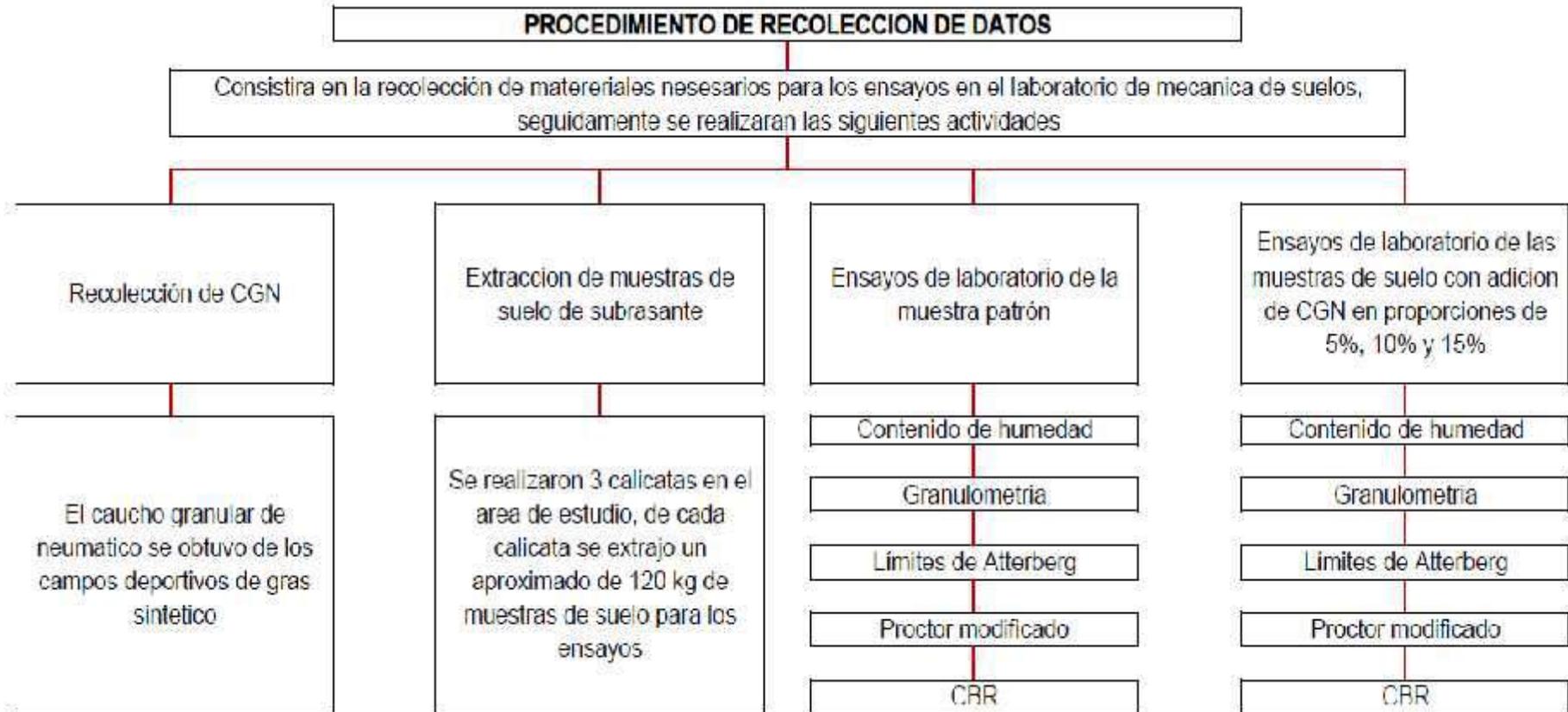
Con la finalidad de obtener los resultados incorporando el caucho granular de neumático en porcentajes del 5%, 10% y 15%. Se efectuaron los siguientes ensayos de MDS.

Tabla 13: Ensayos ejecutados.

SONDEO	NORMA
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Porcentaje de agua en un suelo	MTC E 108
Distribución de tamaño de partículas por tamizado	MTC E 107
Límite Líquido	MTC E 110
Límite Plástico	MTC E 111
Categorización de suelos método SUCS	NTP 339.134
Categorización de suelos método AASHTO	NTP 339.135
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Ensayo de compactación	MTC E 115
CBR	MTC E 132

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento de recolección de datos



3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron en esta investigación se establecieron de acuerdo a los contemplados en la Norma Técnica Peruanas, el manual de ensayo de materiales, manual de carreteras sección suelos y pavimentos y el manual de conservación vial del MTC, debido a que todos estos documentos se encuentran normalizados.

3.7. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información en la etapa de campo y en laboratorio fue mediante las especificaciones de cada ensayo de laboratorio, mencionados en las normas vigentes como la Norma Técnica Peruanas, manual de ensayo de materiales, manual de carreteras sección suelos y pavimentos del MTC, todo ello fue presentado mediante tablas y gráficos correspondientes, para un mayor entendimiento e interpretación de los resultados en los siguientes programas.

- **Microsoft Excel:** En este programa se realizaron los cálculos, gráficos estadísticos, cuadros comparativos, todo con referencia a lo investigado en campo los cuales arrojaron resultados específicos.
- **SPSS:** Permitted analizar los análisis de datos para crear tablas y gráficas de estadística descriptiva (medias y frecuencias), tabulación, frecuencias y correlaciones.
- **Microsoft Word:** Donde se elaboró la parte literal describiendo, señalando, conceptualizando y realizando una paráfrasis de los resultados adquiridos.
- **S10:** Programa donde se elaboró el presupuesto aplicando el material propuesto comparándolo con los materiales tradicionales

3.8. Técnicas y análisis de datos

El desarrollo de esta investigación fue desde un enfoque numérico por lo que para el estudio de referencias se utilizaran técnicas estadísticas descriptivas como; la media, la moda, desviación estándar; de igual forma para la prueba de hipótesis se considerará la estadística inferencial (anova de un factor).

CAPÍTULO IV RESULTADOS

En este capítulo se presenta los resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, en primera instancia se presentan los resultados de muestra patrón, es decir del suelo sin inclusión de caucho granular, posteriormente se mostrarán los resultados en dosificaciones de 5%, 10% y 15% de caucho granular que se añadieron al suelo con la finalidad de analizar su comportamiento fisicomecánicas del suelo.

Los ensayos realizados son los comentados en los capítulos anteriores como el contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de consistencia, proctor modificado y CBR.

4.1. Resultados Específicos

a. Propiedades físicas y mecánicas del suelo natural

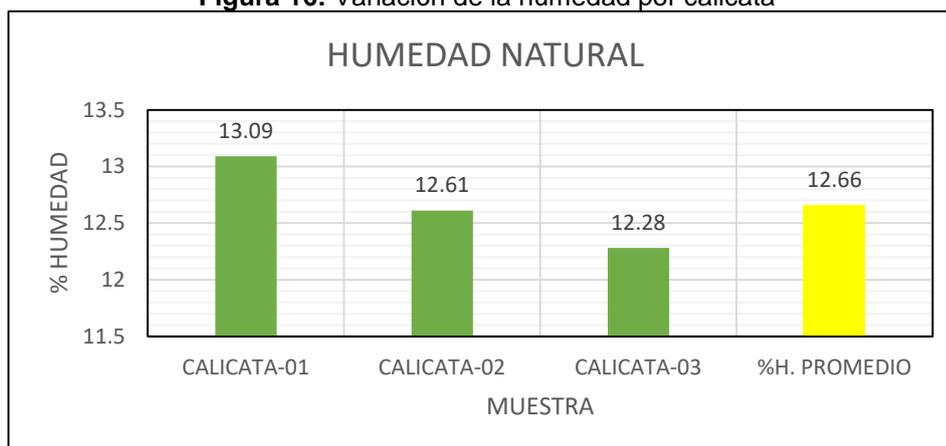
) Contenido de humedad

Tabla 14: Contenido de humedad del suelo natural

MUESTRA	CALICATA-01	CALICATA-02	CALICATA-03	%H. PROMEDIO
% HUMEDAD	13.09	12.61	12.28	12.66

Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Variación de la humedad por calicata



Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 14** y la **Figura 16** nos muestran los resultados del ensayo de contenido de humedad del suelo en estado natural cuyo valor es de 12.66%.

) Análisis granulométrico

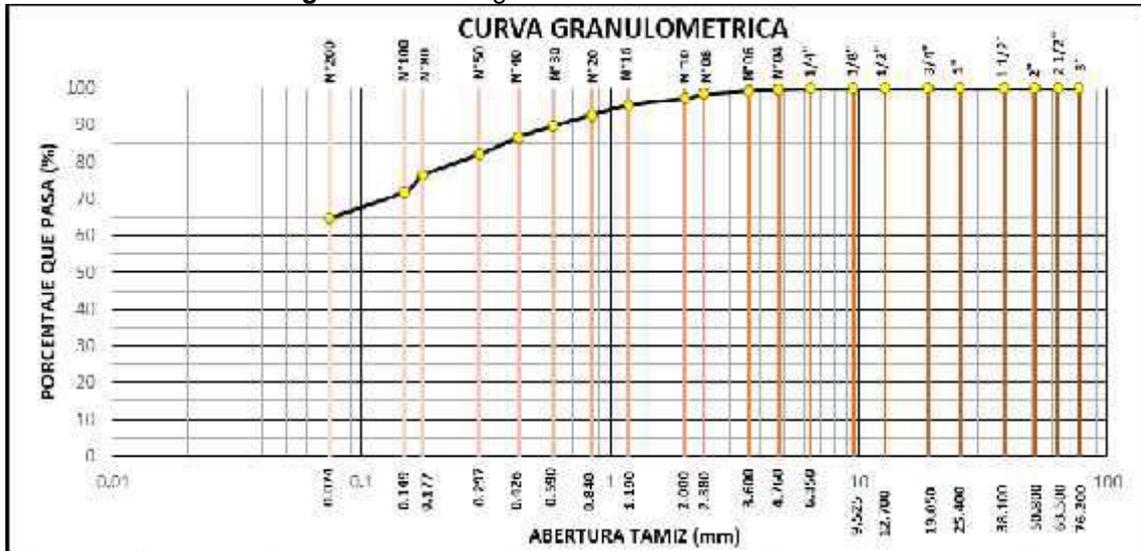
Tabla 15: Análisis granulométrico del suelo natural

MUESTRA	CALICATA-01		CALICATA-02		CALICATA-03		PROMEDIO	
	TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	ACUMULADO QUE PASA	PESO RETENIDO	ACUMULADO QUE PASA		PESO RETENIDO
	(mm)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(%)
3"	76.2	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.5	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.8	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.4	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1/4"	6.35	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
Nª 4	4.76	0.00	100.00	20.00	99.33	0.00	100.00	99.78
Nª 6	3.6	10.00	99.67	25.00	98.50	15.00	99.50	99.22
Nª 8	2.38	14.00	99.20	20.00	97.83	38.00	98.23	98.42
Nª 10	2	45.00	97.70	21.00	97.13	41.00	96.87	97.23
Nª 16	1.19	53.00	95.93	64.00	95.00	45.00	95.37	95.43
Nª 20	0.84	98.00	92.67	102.00	91.60	46.00	93.83	92.70
Nª 30	0.59	116.00	88.80	98.00	88.33	55.00	92.00	89.71
Nª 40	0.426	108.00	85.20	103.00	84.90	63.00	89.90	86.67
Nª 50	0.297	109.00	81.57	177.00	79.00	135.00	85.40	81.99
Nª 80	0.177	125.00	77.40	220.00	71.67	164.00	79.93	76.33
Nª 100	0.149	113.00	73.63	110.00	68.00	180.00	73.93	71.86
Nª 200	0.074	254.00	65.17	165.00	62.50	235.00	66.10	64.59
-200	-	1955	-	1875	-	1983	-	
	P. inicial	3000		3000		3000		

Grava (%)	0.22
Arena (%)	35.19
Finos (%)	64.59

Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Curva granulométrica del suelo natural



Fuente: elaboración propia

De los resultados del ensayo granulométrico, observamos en la curva que existen tramos planos lo que indica que hay tamices sucesivos que no retienen material (malla 3" – ¼"), lo cual indica que la variación de tamaños es escasa, por lo tanto, se define a este tipo de suelo como un suelo mal graduado además de no presentar el coeficiente de uniformidad (CU) y coeficiente de curvatura (CC).

Se obtuvo un porcentaje de grava de 0.22%, arena 35.19% y finos 64.59%, por lo tanto, es un suelo de grano fino.

) Límites de consistencia

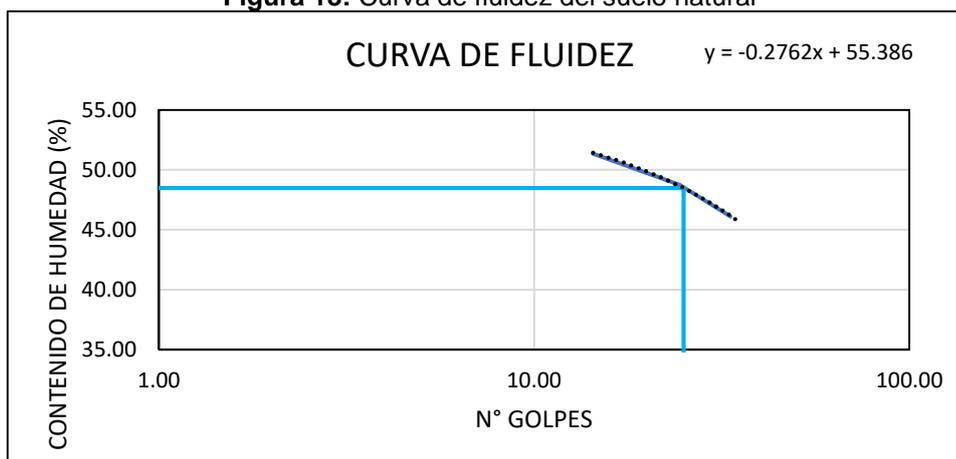
Limite liquido

Tabla 16: Limite liquido del suelo natural

Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	Promedio
47.93	48.42	49.28	48.54

Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Curva de fluidez del suelo natural



Fuente: elaboración propia

Del ensayo de límite líquido se obtuvo un valor de 48.54%, que indica este valor que es un suelo arcilloso, tomando como referencia el libro de Luis Bañón y Jose Beviá en la tabla N° 46.

Límite plástico

Tabla 17: Límite plástico del suelo natural

Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	Promedio
22.45	22.70	22.64	22.59

Fuente: Elaboración propia

El suelo natural posee un límite plástico de 22.59%

Índice de plasticidad

Tabla 18: Índice de plasticidad del suelo natural

LÍMITE LIQUIDO (%)	48.54
LÍMITE PLÁSTICO (%)	22.59
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	25.95

Fuente: Elaboración propia

El índice de plasticidad que presenta el suelo es de 25.95% y respecto a lo que menciona el cuadro 4.6 del manual de carreteras indica que un suelo con un $IP > 20$ es de plasticidad alta, cuya característica son suelos muy arcillosos ya al respecto, tomando como referencia el libro de Luis Bañón y José Beviá en la tabla N° 46. Nos menciona que un suelo con estas características es un suelo arcilloso y no apto para funcionar como subrasante de carretera.

Clasificación del suelo

Tabla 19: Clasificación del suelo natural

% Grava	0.00	0.67	0.00	0.22	
% Arena	34.83	36.83	33.90	35.19	
% Fino	65.17	62.50	66.10	64.59	
Límites de Atterberg	LL	47.93	48.42	49.28	48.54
	LP	22.45	22.70	22.64	22.60
	IP	25.48	25.72	26.64	25.95
Índice de Grupo	15	14	16	15	
Clasificación	SUCS	CL	CL	CL	CL
	AASHTO	A7 - 5 (15)	A7 - 5 (14)	A7 - 5 (16)	A7 - 5 (15)

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 19** observando los datos de granulometría y de plasticidad obtenidas se clasifica al suelo como una arcilla inorgánica de plasticidad media, esta denominación está definida según la tabla unificada de clasificación de suelos (ASTM 2000). Observando también el valor de índice de grupo, un valor que indica que el suelo es muy pobre para ser una subrasante porque tiene un $IG > 9$ según el cuadro 4.8 del manual de carreteras (Clasificación de suelos según índice de grupo) un suelo con estas características es suelo muy pobre para trabajar como subrasante.

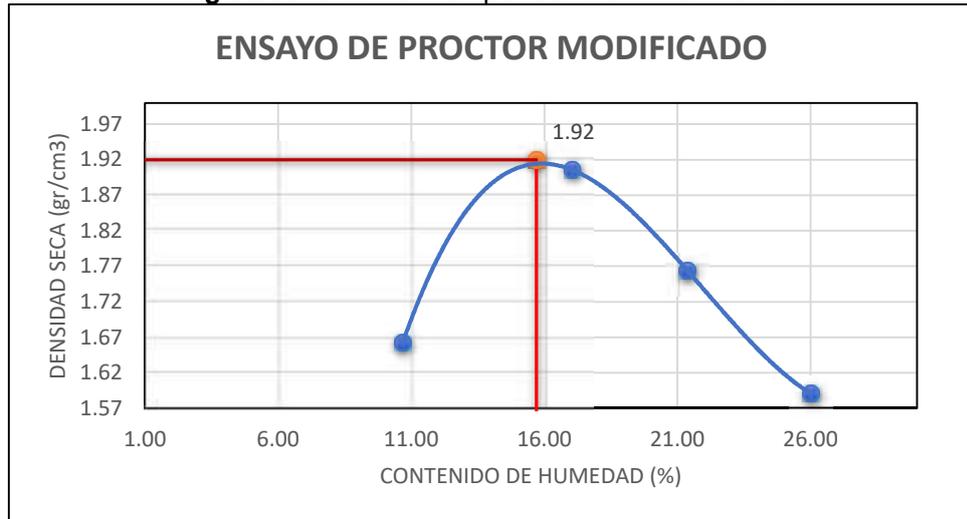
) Proctor modificado

Tabla 20: Ensayo de proctor modificado del suelo natural

M-1	CONTENIDO DE AGUA (%)	16.69	20.95	26.83	11.14
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.92	1.78	1.61	1.67
M-2	CONTENIDO DE AGUA (%)	17.89	21.59	27.82	8.91
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.88	1.76	1.52	1.69
M-3	CONTENIDO DE AGUA (%)	16.53	21.57	23.37	11.96
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.91	1.75	1.64	1.62
PROMEDIO	CONTENIDO DE AGUA (%)	17.04	21.37	26.01	10.67
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.91	1.76	1.59	1.66

Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Curva de compactación del suelo natural



Fuente: Elaboración propia

El suelo en estado natural tiene una máxima densidad seca de 1.92 gr/cm³ y una humedad de 15.70%.

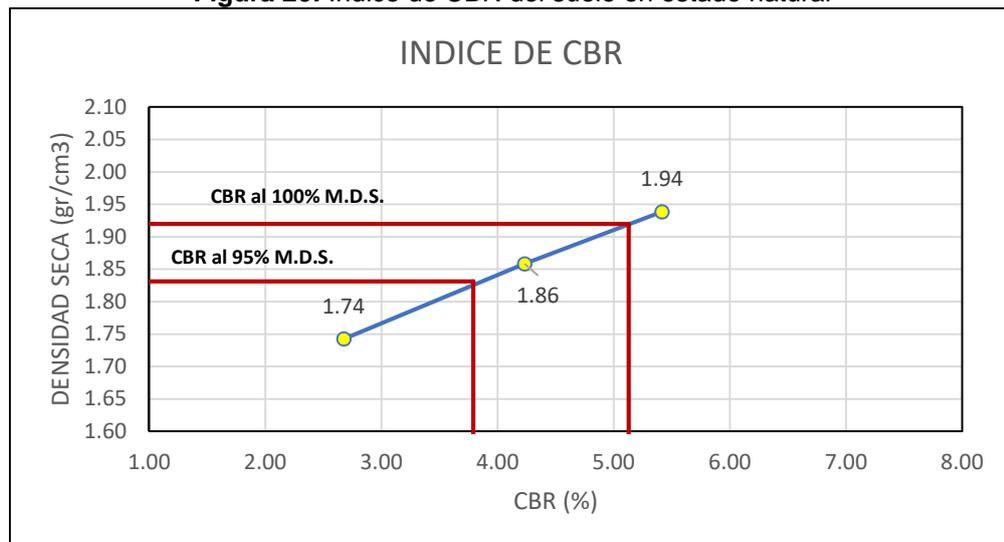
) Ensayo de CBR

Tabla 21: Valores de CBR del suelo en estado natural

ESPÉCIMEN	Nº DE GOLPES	CBR (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	PENETRACIÓN (pulg.)	M.D.S (%)	CBR %
1	12	2.67	1.743	0.1	1.74	
2	25	4.23	1.859	0.1	1.86	3.79
3	56	5.42	1.939	0.1	1.94	5.13

Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Índice de CBR del suelo en estado natural



Fuente: Elaboración propia

Figura 20 nos muestra los resultados de CBR del suelo en estado natural al 95% de la MDS presenta un CBR de 3.79% y al 100% de la MDS el índice de CBR es de 5.13%, ambos resultados a una penetración de 0.1". tomando como referencia el manual de carreteras en el cuadro 4.10 (categoría de subrasante) menciona que una subrasante con estas características es pobre eh inadecuada.

Tabla 22: Resumen de las propiedades del suelo natural

% Grava		0.22
% Arena		35.19
% Fino		64.59
Contenido de Humedad %		12.66
Límites de Atterberg	LL (%)	48.54
	LP (%)	22.60
	IP (%)	25.95
Índice de Grupo		15
MDS (gr/cm ³)		1.92
OCH (%)		15.70
Clasificación	SUCS	CL
	AASHTO	A7 - 5 (15)
CBR	95% MDS	3.79%
	100% MDS	5.13%

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 22** muestra los datos obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos sobre las muestras extraídas de las 3 calicatas exploradas, se aclara un resumen de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, se puede ver que las muestras son homogéneas o similares debido a la similitud de sus resultados. En el ensayo de granulometría el % de material fino es de 64.59%, El índice de plasticidad es de 25.95% lo cual resulta un suelo de plasticidad alta, suelo muy arcilloso, el índice de grupo es de 15, y en el ensayo de CBR al 100% de la MDS se obtuvo un índice de 5.13%, Según el manual de carreteras sección suelos y pavimentos un suelo con esta característica es inadecuado para subrasante.

Por lo tanto, a continuación, se analiza el mismo suelo, con los mismos ensayos, pero añadiendo caucho granular de neumático en porcentajes del 5%, 10% y 15% respecto al peso del suelo.

b. Propiedades físicas y mecánicas del suelo con 5% de CGN

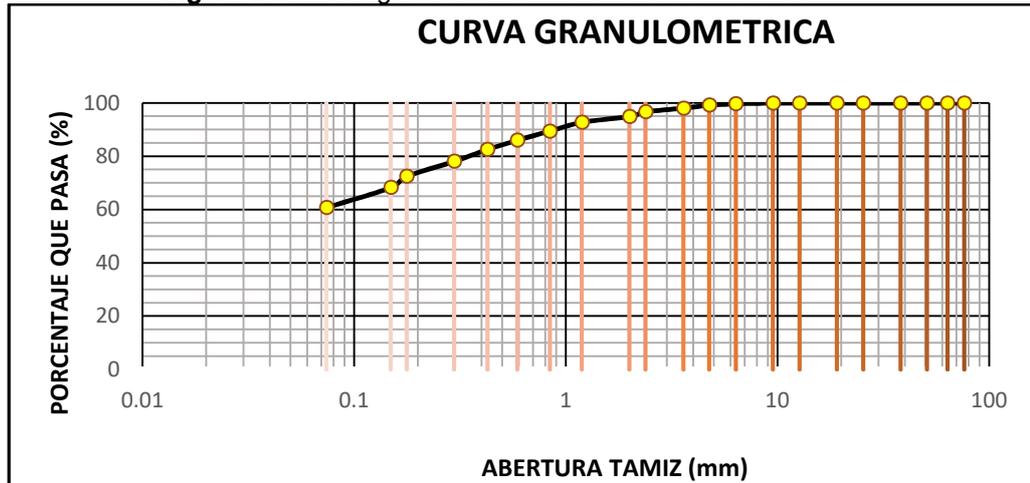
) Análisis granulométrico

Tabla 23: Análisis granulométrico del suelo + 5% de CGN

MUESTRA		CALICATA-01		CALICATA-02		CALICATA-03		PROMEDIO
TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	ACUMULADO QUE PASA	PESO RETENIDO	ACUMULADO QUE PASA	PESO RETENIDO	ACUMULADO QUE PASA	ACUMULADO QUE PASA
	(mm)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(%)
3"	76.2	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.5	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.8	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.4	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1/4"	6.35	10.00	99.67	7.00	99.77	8.00	99.73	99.72
Nª 4	4.76	8.00	99.40	27.00	98.87	12.00	99.33	99.20
Nª 6	3.6	24.00	98.60	33.00	97.77	41.00	97.97	98.11
Nª 8	2.38	28.00	97.67	26.00	96.90	72.00	95.57	96.71
Nª 10	2	60.00	95.67	24.00	96.10	74.00	93.10	94.96
Nª 16	1.19	52.00	93.93	67.00	93.87	77.00	90.53	92.78
Nª 20	0.84	111.00	90.23	110.00	90.20	76.00	88.00	89.48
Nª 30	0.59	120.00	86.23	106.00	86.67	81.00	85.30	86.07
Nª 40	0.426	113.00	82.47	111.00	82.97	90.00	82.30	82.58
Nª 50	0.297	103.00	79.03	189.00	76.67	109.00	78.67	78.12
Nª 80	0.177	134.00	74.57	247.00	68.43	125.00	74.50	72.50
Nª 100	0.149	127.00	70.33	117.00	64.53	135.00	70.00	68.29
Nª 200	0.074	271.00	61.30	172.00	58.80	235.00	62.17	60.76
-200	-	1839	-	1764	-	1865	-	
	P. inicial	3000		3000		3000		
Grava (%)		0.80						
Arena (%)		38.45						
Finos (%)		60.75						

Fuente: Elaboración propia

Figura 21: Curva granulométrica del suelo + 5% CGN



Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 23** y de la **Figura 21** se observa la variación del análisis granulométrico en función de la cantidad adicional del CGN en el suelo, resaltándose que a medida que se incrementa el valor del material analizado, el valor porcentual de la grava y la arena aumenta y el valor porcentual de los finos tiende a bajar. Es decir, que cuando la adición de CGN fue del 5%, el valor porcentual de la grava aumento de **0.22% a 0.80%** para el caso de las gravas.

) **Límites de consistencia**

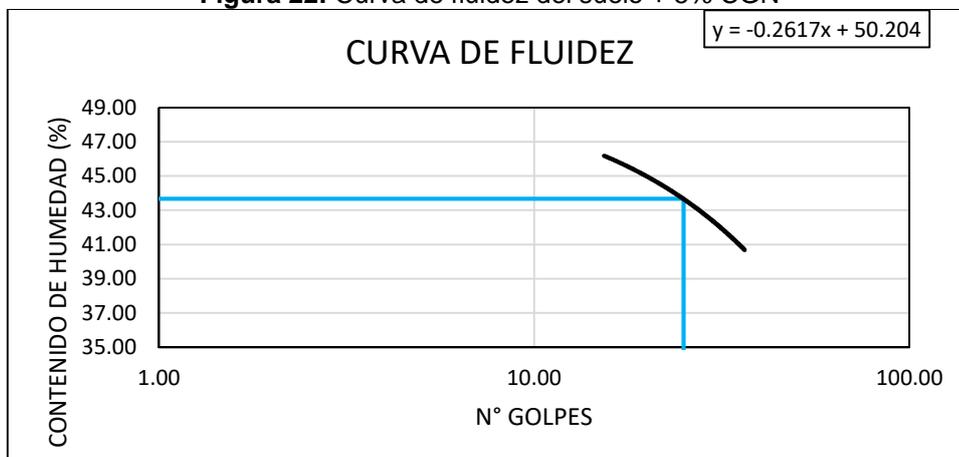
Límite líquido

Tabla 24: Limite liquido del suelo + 5% CGN

Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	Promedio
43.26	43.36	44.47	43.70

Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Curva de fluidez del suelo + 5% CGN



Fuente: Elaboración propia

Del ensayo de limite liquido del suelo con 5% CGN se obtiene un valor de 43.70%.

Limite plástico

Tabla 25: Limite plástico del suelo + 5% CGN.

Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	Promedio
21.42	21.73	21.74	21.63

Fuente: Elaboración propia

El suelo con incorporación de 5% de CGN tiene un límite plástico de 21.63%.

Índice de plasticidad

Tabla 26: Índice de plasticidad del suelo + 5% de CGN

LIMITE LIQUIDO (%)	43.70
LIMITE PLÁSTICO (%)	21.63
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	22.07

Fuente: Elaboración propia

El índice de plasticidad que presenta el suelo con incorporación del 5% de CGN es de 22.07% y según el cuadro 4.6 del manual de carreteras indica que un suelo con un $IP > 20$ es de plasticidad alta cuya característica son suelos muy arcillosos.

Clasificación del suelo

Tabla 27: Clasificación del suelo + 5% CGN

% Grava	0.60	1.13	0.67	0.80	
% Arena	38.10	40.07	37.17	38.45	
% Fino	61.30	58.80	62.17	60.75	
Límites de Atterberg	LL	43.26	43.36	44.47	43.70
	LP	21.42	21.73	21.74	21.63
	IP	21.84	21.63	22.73	22.07
Índice de Grupo	11	10	12	11	
Clasificación	SUCS	CL	CL	CL	CL
	AASHTO	A7 - 5 (11)	A7 - 5 (10)	A7 - 5 (12)	A7 - 5 (11)

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 27** observamos que el suelo continua siendo una arcilla inorgánica de plasticidad media, este dato según la tabla unificada de clasificación de suelos. Observamos también el valor de índice de grupo que

indica que el suelo es muy pobre para ser una subrasante porque su $IG > 9$ según el cuadro 4.8 del manual de carreteras.

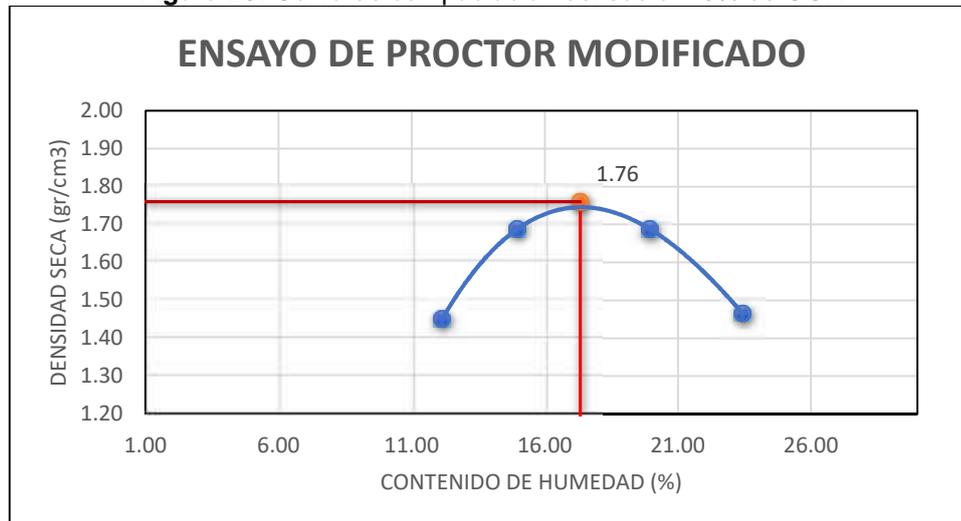
) Proctor modificado

Tabla 28: Ensayo de proctor modificado del suelo + 5% de CGN

M-1	CONTENIDO DE AGUA (%)	14.09	21.21	26.50	11.81
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.68	1.65	1.47	1.45
M-2	CONTENIDO DE AGUA (%)	14.80	18.41	21.74	11.22
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.72	1.72	1.45	1.41
M-3	CONTENIDO DE AGUA (%)	16.00	20.19	22.04	13.37
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.66	1.70	1.48	1.49
PROMEDIO	CONTENIDO DE AGUA (%)	14.96	19.94	23.43	12.14
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.69	1.69	1.47	1.45

Fuente: Elaboración propia

Figura 23: Curva de compactación del suelo + 5% de CGN



Fuente: Elaboración propia

El suelo con incorporación de 5% de CGN tiene una máxima densidad seca de 1.76 gr/cm³ y una humedad de 17.33%.

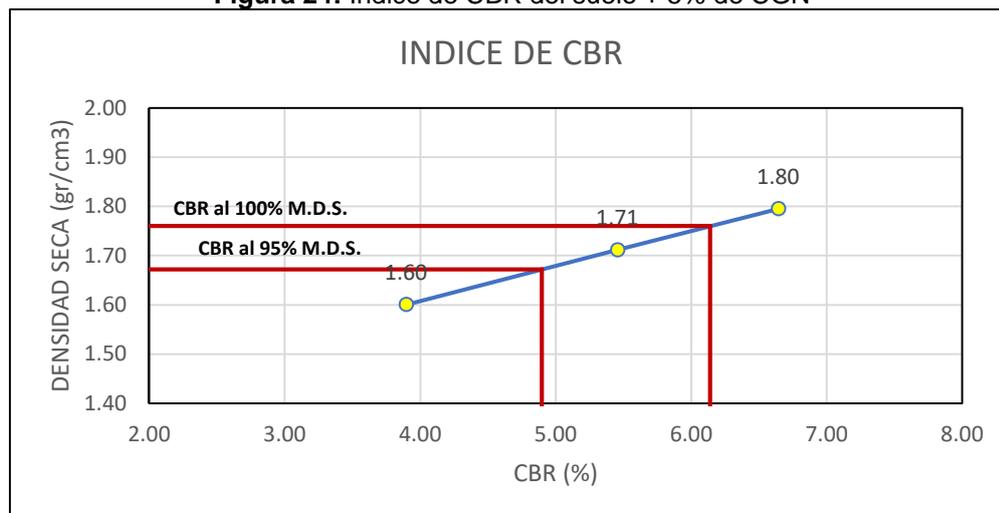
) Ensayo de CBR

Tabla 29: Valores de CBR del suelo + 5% de CGN.

ESPÉCIMEN	Nº DE GOLPES	CBR (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	PENETRACIÓN (pulg.)	M.D.S (%)	CBR %
1	12	3.90	1.601	0.1	1.60	
2	25	5.46	1.712	0.1	1.71	4.90
3	56	6.64	1.795	0.1	1.80	6.14

Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Índice de CBR del suelo + 5% de CGN



Fuente: Elaboración propia

De la **Figura 24** nos muestra los resultados de CBR del suelo + 5% de CGN y al 95% de la MDS presenta un CBR de 4.90% y al 100% de la MDS el índice de CBR es de 6.14%, ambos resultados a una penetración de 0.1". tomando como referencia el manual de carreteras en el cuadro 4.10 (categoría de subrasante) menciona que una subrasante con estas características es pobre eh irregular.

c. Propiedades físicas y mecánicas del suelo con 10% de CGN

) Análisis granulométrico

Tabla 30: Análisis granulométrico del suelo + 10% de CGN

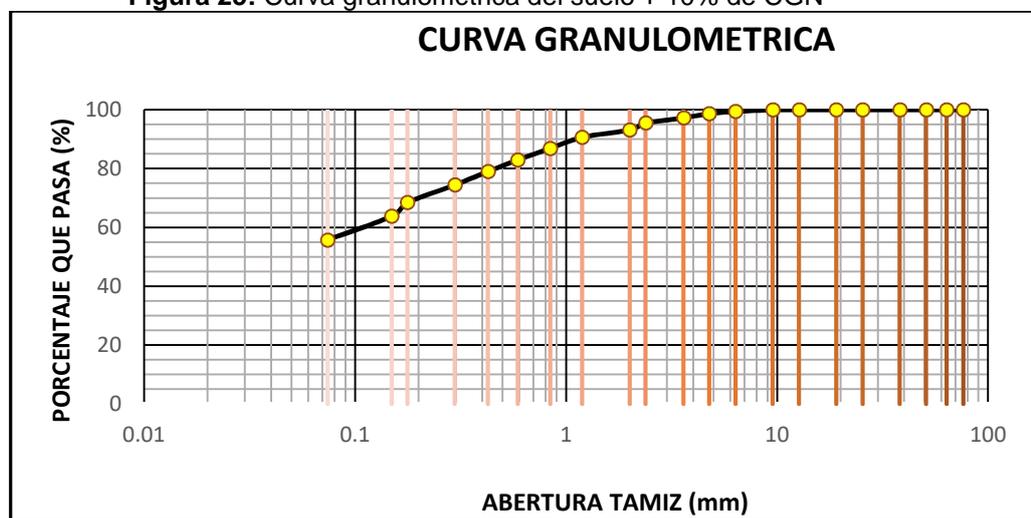
MUESTRA		CALICATA-01		CALICATA-02		CALICATA-03		PROMEDIO
TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	ACUMULADO QUE PASA	PESO RETENIDO	ACUMULADO QUE PASA	PESO RETENIDO	ACUMULADO QUE PASA	ACUMULADO QUE PASA
	(mm)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(%)
3"	76.2	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.5	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.8	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.4	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1/4"	6.35	13.00	99.57	21.00	99.30	14.00	99.53	99.47
Nª 4	4.76	21.00	98.87	25.00	98.47	21.00	98.83	98.72
Nª 6	3.6	36.00	97.67	38.00	97.20	52.00	97.10	97.32
Nª 8	2.38	37.00	96.43	36.00	96.00	87.00	94.20	95.54
Nª 10	2	62.00	94.37	60.00	94.00	89.00	91.23	93.20
Nª 16	1.19	65.00	92.20	75.00	91.50	86.00	88.37	90.69
Nª 20	0.84	124.00	88.07	129.00	87.20	87.00	85.47	86.91

Nº 30	0.59	135.00	83.57	124.00	83.07	91.00	82.43	83.02
Nº 40	0.426	122.00	79.50	127.00	78.83	102.00	79.03	79.12
Nº 50	0.297	116.00	75.63	180.00	72.83	120.00	75.03	74.50
Nº 80	0.177	155.00	70.47	249.00	64.53	137.00	70.47	68.49
Nº 100	0.149	137.00	65.90	129.00	60.23	147.00	65.57	63.90
Nº 200	0.074	289.00	56.27	191.00	53.87	252.00	57.17	55.77
-200	-	1688	-	1616	-	1715	-	
	P. inicial	3000		3000		3000		

Grava	
(%)	1.28
Arena	
(%)	42.96
Finos	
(%)	55.77

Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Curva granulométrica del suelo + 10% de CGN



Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 30** y la **Figura 25** se puede dar la explicación de la variación del análisis granulométrico en función de la cantidad adicional del CGN en el suelo, resaltándose que a medida que se incrementa el valor del material caucho granular, el valor porcentual de la grava y la arena aumenta y el valor porcentual de los finos tiende a bajar. Es decir, que cuando la adición de CGN fue del 10%, el valor porcentual de la grava aumento de **0.22% a 1.28%** para el caso de las gravas.

) Límites de consistencia

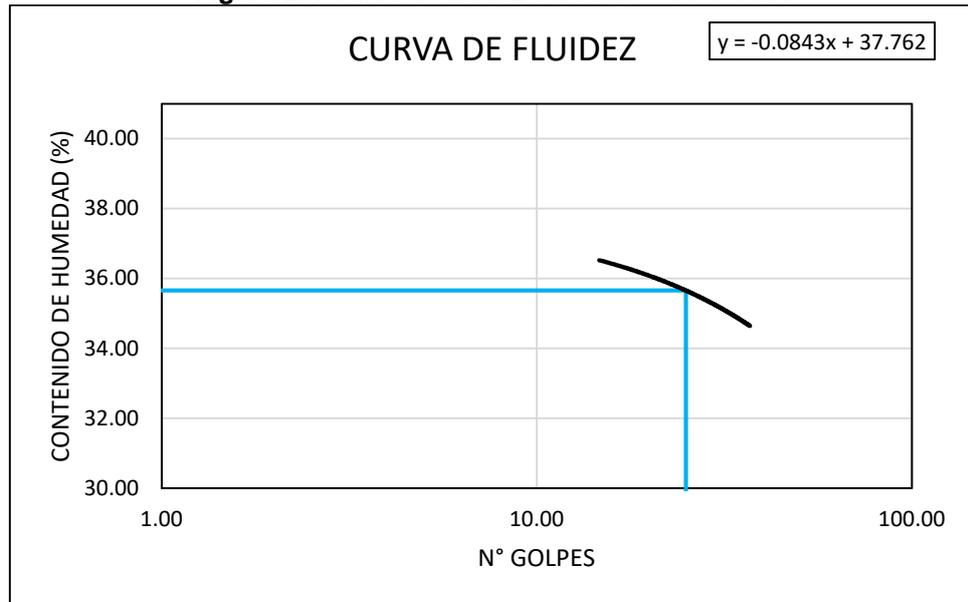
Límite líquido

Tabla 31: Limite liquido del suelo + 10% de CGN

Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	Promedio
35.53	35.42	36.04	35.66

Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Curva de fluidez del suelo + 10% CGN



Fuente: Elaboración propia

Del ensayo de limite liquido del suelo con 10% CGN se obtiene un valor de 35.66%.

Limite plástico

Tabla 32: Limite plástico del suelo + 10% de CGN

Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	Promedio
19.56	20.08	19.91	19.85

Fuente: Elaboración propia

El suelo con incorporación de 10% de CGN tiene un límite plástico de 19.85%.

Índice de plasticidad

Tabla 33: Índice de plasticidad del suelo + 10% de CGN

LIMITE LIQUIDO (%)	35.66
LIMITE PLÁSTICO (%)	19.85
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	15.81

Fuente: Elaboración propia

El índice de plasticidad que presenta el suelo con incorporación del 10% de CGN es de 15.81% y según el cuadro 4.6 del manual de carreteras indica que un suelo con ese nivel de IP es un suelo de plasticidad media cuya característica son suelos arcillosos.

Clasificación del suelo

Tabla 34: Clasificación del suelo + 10% CGN

% Grava		1.13	1.53	1.17	1.28
% Arena		42.60	44.60	41.67	42.96
% Fino		56.27	53.87	57.17	55.77
Límites de Atterberg	LL	35.53	35.42	36.04	35.66
	LP	19.56	20.08	19.91	19.85
	IP	15.97	15.34	16.13	15.81
Índice de Grupo		6	5	7	6
Clasificación	SUCS	CL	CL	CL	CL
	AASHTO	A-6 (6)	A-6 (5)	A-6 (7)	A-6 (6)

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 34** observamos que el suelo continua siendo una arcilla inorgánica de plasticidad media, este dato según la tabla unificada de clasificación de suelos. Observamos también el valor de índice de grupo que indica que el suelo es pobre para ser una subrasante el IG es entre 4-9 según el cuadro 4.8 del manual de carreteras.

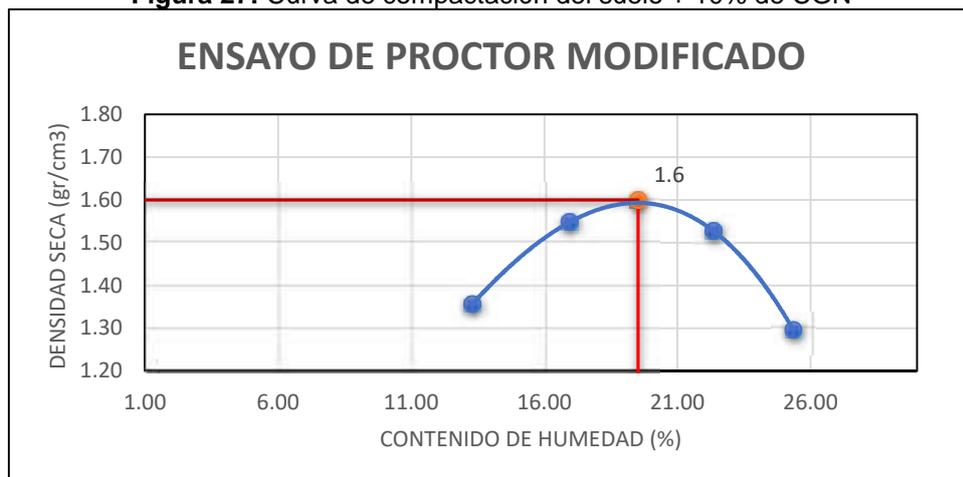
) Proctor modificado

Tabla 35: Ensayo de proctor modificado del suelo + 10% de CGN

M-1	CONTENIDO DE AGUA (%)	17.68	21.91	25.86	12.91
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.60	1.56	1.32	1.39
M-2	CONTENIDO DE AGUA (%)	15.89	21.89	24.34	13.27
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.52	1.52	1.32	1.34
M-3	CONTENIDO DE AGUA (%)	17.25	23.25	25.84	13.66
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.52	1.50	1.25	1.34
PROMEDIO	CONTENIDO DE AGUA (%)	16.94	22.35	25.34	13.28
	PESO VOLUMÉTRICO SECO (g/cm ³)	1.55	1.53	1.30	1.36

Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Curva de compactación del suelo + 10% de CGN



Fuente: Elaboración propia

El suelo con incorporación de 10% de CGN tiene una máxima densidad seca de 1.60 gr/cm³ y una humedad de 19.52%.

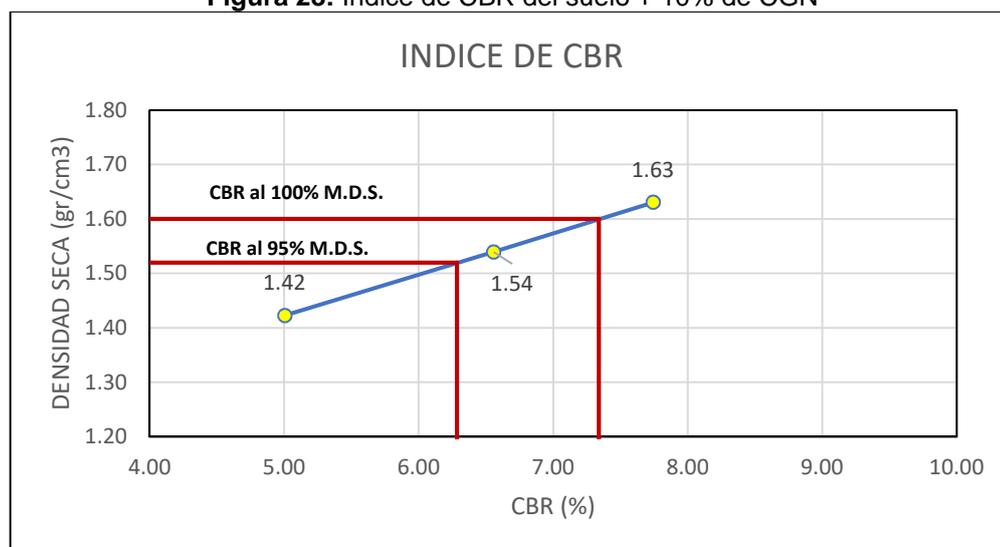
) Ensayo de CBR

Tabla 36: Valores de CBR del suelo + 10% de CGN

ESPÉCIMEN	Nº DE GOLPES	CBR (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	PENETRACIÓN (pulg.)	M.D.S (%)	CBR %
1	12	5.00	1.423	0.1	1.42	
2	25	6.56	1.540	0.1	1.54	6.31
3	56	7.74	1.631	0.1	1.63	7.37

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Índice de CBR del suelo + 10% de CGN



Fuente: Elaboración propia

De la **Figura 28** nos muestra los resultados de CBR del suelo + 10% de CGN y al 95% de la MDS presenta un CBR de 6.31% y al 100% de la MDS

el índice de CBR es de 7.37%, ambos resultados a una penetración de 0.1". tomando como referencia el manual de carreteras en el cuadro 4.10 (categoría de subrasante) menciona que una subrasante con estas características es regular.

d. Propiedades físicas y mecánicas del suelo con 10% de CGN

) Análisis granulométrico

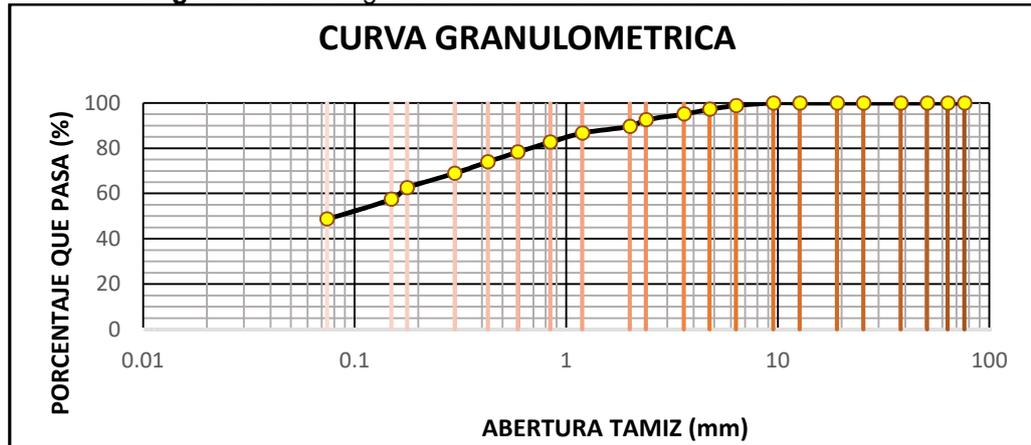
Tabla 37: Análisis granulométrico del suelo +15% de CGN

MUESTRA		CALICATA-01		CALICATA-02		CALICATA-03		PROMEDIO
TAMIZ	ABERTUR A	PESO RETENID O	ACUMULAD O QUE PASA	PESO RETENID O	ACUMULAD O QUE PASA	PESO RETENID O	ACUMULAD O QUE PASA	ACUMULAD O QUE PASA
	(mm)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(%)
3"	76.2	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.5	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.8	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.4	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
1/4"	6.35	37.00	98.77	35.00	98.83	27.00	99.10	98.90
Nª 4	4.76	58.00	96.83	55.00	97.00	38.00	97.83	97.22
Nª 6	3.6	65.00	94.67	63.00	94.90	62.00	95.77	95.11
Nª 8	2.38	71.00	92.30	67.00	92.67	90.00	92.77	92.58
Nª 10	2	75.00	89.80	87.00	89.77	95.00	89.60	89.72
Nª 16	1.19	78.00	87.20	91.00	86.73	97.00	86.37	86.77
Nª 20	0.84	135.00	82.70	130.00	82.40	101.00	83.00	82.70
Nª 30	0.59	142.00	77.97	132.00	78.00	114.00	79.20	78.39
Nª 40	0.426	129.00	73.67	136.00	73.47	125.00	75.03	74.06
Nª 50	0.297	124.00	69.53	192.00	67.07	139.00	70.40	69.00
Nª 80	0.177	161.00	64.17	253.00	58.63	159.00	65.10	62.63
Nª 100	0.149	150.00	59.17	142.00	53.90	166.00	59.57	57.54
Nª 200	0.074	302.00	49.10	207.00	47.00	284.00	50.10	48.73
-200	-	1473	-	1410	-	1503	-	
	P. inicial	3000		3000		3000		

Grava	
(%)	2.78
Arena	
(%)	48.49
Finos	
(%)	48.73

Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Curva granulométrica del suelo + 15% CGN



Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 37** y la **Figura 29** se puede observar la variación del análisis granulométrico en función de la cantidad adicional del CGN en el suelo, resaltándose que a medida que se incrementa el valor del caucho granular, el valor porcentual de la grava y la arena aumenta y el valor porcentual de los finos tiende a bajar. Es decir, que cuando la adición de CGN fue del 15%, el valor porcentual de la grava aumento de **0.22% a 2.78%** para el caso de las gravas.

) Límites de consistencia

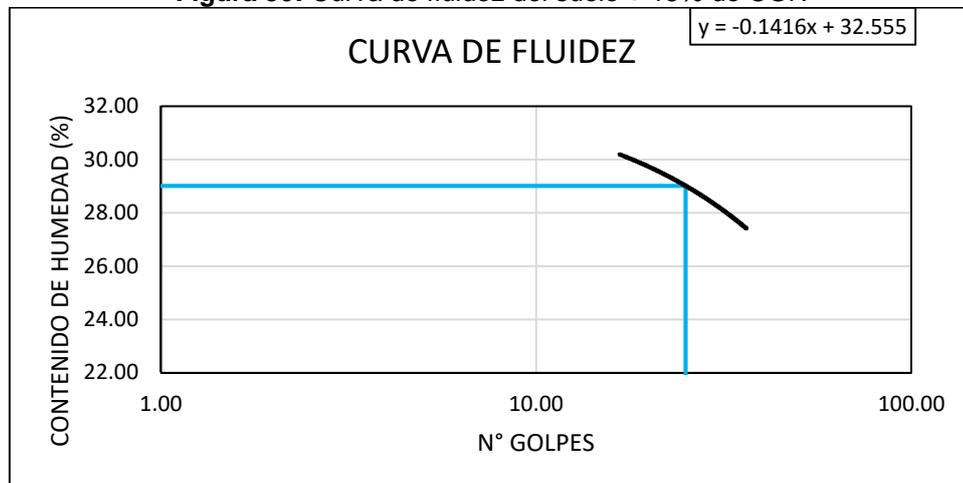
Límite liquido

Tabla 38: Limite liquido del suelo + 15% CGN

Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	Promedio
28.70	28.78	29.69	29.06

Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Curva de fluidez del suelo + 15% de CGN



Fuente: Elaboración propia

Del ensayo de limite liquido del suelo con 15% CGN se obtiene un valor de 29.06%.

Limite plástico

Tabla 39: Limite plástico del suelo + 15% CGN

Muestra-01	Muestra-02	Muestra-03	Promedio
18.75	18.36	18.54	18.55

Fuente: Elaboración propia

El suelo con incorporación de 15% de CGN tiene un límite plástico de 18.55%.

Índice de plasticidad

Tabla 40: Índice de plasticidad del suelo + 15% de CGN

LIMITE LIQUIDO (%)	29.06
LIMITE PLÁSTICO (%)	18.55
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	10.50

Fuente: Elaboración propia

El índice de plasticidad que presenta el suelo con incorporación del 15% de CGN es de 10.50% y según el cuadro 4.6 del manual de carreteras indica que un suelo con ese nivel de IP es un suelo de plasticidad media cuya característica son suelos arcillosos.

Clasificación del suelo

Tabla 41: Clasificación del suelo + 15% CGN

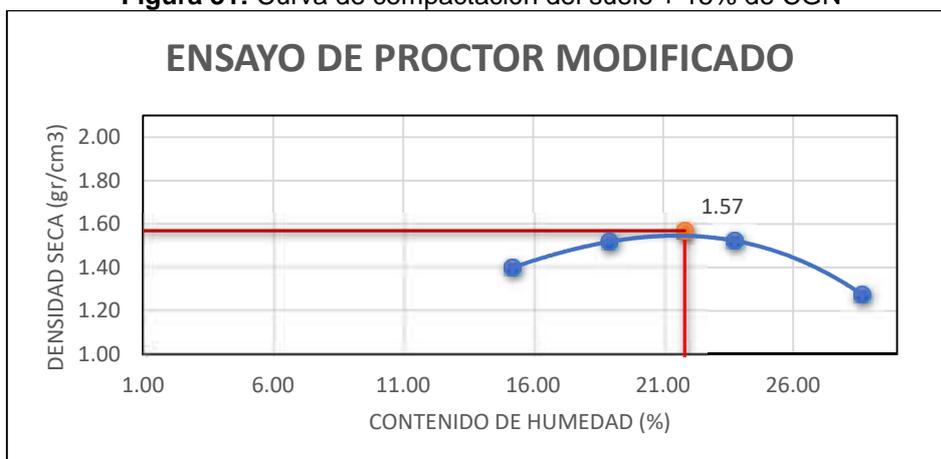
% Grava		3.17	3.00	2.17	2.78
% Arena		47.73	50.00	47.73	48.49
% Fino		49.10	47.00	50.10	48.73
Límites de Atterberg	LL	28.70	28.78	29.69	29.06
	LP	18.75	18.36	18.54	18.55
	IP	9.95	10.42	11.14	10.50
Índice de Grupo		2	2	3	2
Clasificación	SUCS	SC	SC	CL	SC
	AASHTO	A-6 (2)	A-6 (2)	A-6 (3)	A-6 (2)

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 41** observamos que el suelo se transforma en una arena arcillosa, este dato según la tabla unificada de clasificación de suelos. Observamos también el valor de índice de grupo que indica que el suelo es un suelo regular para subrasante el IG es entre 2-4 según el cuadro 4.8 del manual de carreteras.

) Proctor modificado

Figura 31: Curva de compactación del suelo + 15% de CGN



Fuente: Elaboración propia

El suelo con incorporación de 15% de CGN tiene una máxima densidad seca de 1.57 gr/cm³ y una humedad de 21.83%.

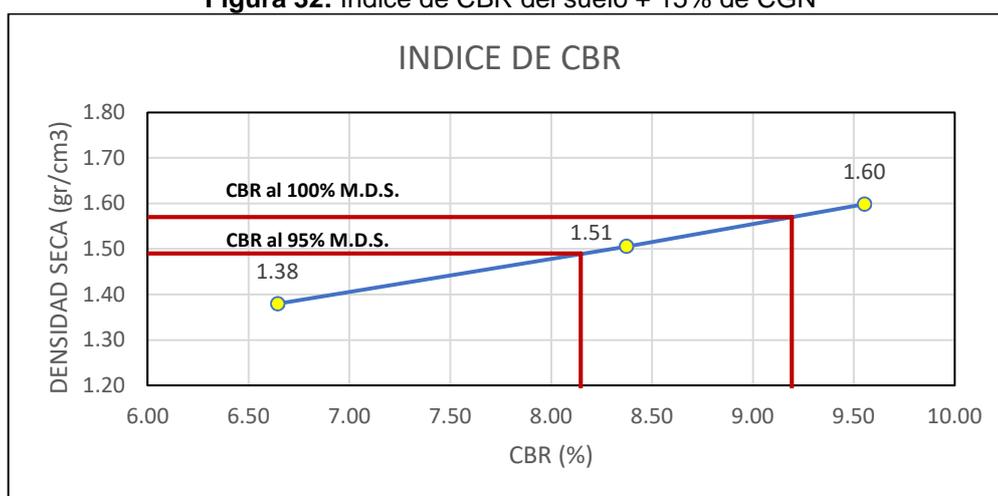
) Ensayo de CBR

Tabla 42: Valores de CBR del suelo + 15% de CGN

ESPÉCIMEN	Nº DE GOLPES	CBR (%)	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	PENETRACIÓN (pulg.)	M.D.S (%)	CBR %
1	12	6.64	1.380	0.1	1.38	
2	25	8.37	1.506	0.1	1.51	8.12
3	56	9.55	1.599	0.1	1.60	9.17

Fuente: Elaboración propia

Figura 32: Índice de CBR del suelo + 15% de CGN



Fuente: Elaboración propia

De la **Figura 32** nos muestra los resultados de CBR del suelo + 15% de CGN y al 95% de la MDS presenta un CBR de 8.12% y al 100% de la MDS

el índice de CBR es de 9.17%, ambos resultados a una penetración de 0.1". tomando como referencia el manual de carreteras en el cuadro 4.10 (categoría de subrasante) menciona que una subrasante con estas características es regular.

4.2. Resultados generales de las propiedades del suelo en estudio

Tabla 43: Resultados del análisis del suelo natural con incorporación de CGN

Propiedades del Suelo		Suelo natural	Suelo + 5 % de CGN	Suelo + 10 % de CGN	Suelo+ 15 % de CGN
% Grava		0.22	0.8	1.28	2.78
% Arena		35.19	38.45	42.96	48.49
% Fino		64.59	60.75	55.77	48.73
Contenido de Humedad		12.66	-----	-----	-----
Límites de Atterberg	LL	48.54	43.7	35.66	29.06
	LP	22.6	21.63	19.85	18.55
	IP	25.95	22.07	15.81	10.51
Índice de Grupo		15	11	6	2
Clasificación	SUCS	CL	CL	CL	SC
	AASHTO	A7 - 5 (15)	A7 - 5 (11)	A - 6 (6)	A - 6 (2)
Máxima densidad seca (g/cm ³)		1.92	1.76	1.6	1.57
Óptimo contenido de humedad (%)		15.7	17.33	19.52	21.83
CBR AI 95 % de MDS		3.79	4.9	6.31	8.12
CBR AI 100 % de MDS		5.13	6.15	7.37	9.17

Fuente: Elaboración propia

4.3. Costo de la estabilización del suelo arcillosos con la adición de caucho granular

Según la **Tabla 44** tomada del manual de carreteras sección suelos y pavimentos hay diversos tipos de estabilizadores, pero para nuestro caso según el tipo de terreno que tenemos nos indica que debemos realizar una estabilización con cemento o cal.

Tabla 44: Guía general para la selección del tipo de estabilizador.

Área	Clase de suelo	Tipo de estabilizador recomendado	Restricción en LL e IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
3	CH o CL, MH o ML, CH o CL, ML o CL	1	Cemento Portland	LL no menor de 40 IP no menor de 20	Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios.
		2	Cal	IP no menor de 12	
IP = índice plástico			Sin restricción u observación no es necesario aditivo estabilizador		Fuente: US Army Corps of Engineers
(b) $IP \geq 20 + (50\% \text{ que pasa la malla } N^{\circ} 200)/4$					

Fuente: (MTC, 2014)

De la Tabla 45 para realizar una estabilización con cal o cemento indica cuáles serán sus dosificaciones y para nuestro caso corresponde evaluar y calcular los costos de una estabilización con CGN y realizar una comparación de precios con estos 2 materiales que propone el manual de carreteras sección suelos y pavimentos.

Tabla 45: Guía complementaria referencial para la selección del tipo de estabilizador.

Tipo de Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo	Dosificación	Curado (Apertura al Tráfico)	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85	A-1,A-2,A-3,A-4,A-5,A-6 y A-7 LL> 40% IP>=18% CMO (2) < 1.0% Sulfatos (SO ₄) < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca (4) - AF<=10% - AG<=12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF<=15% - AG<=18%	2 - 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10%<=IP<=50% CMO (2)<3.0% Sulfatos (SO ₄)<0.2% Abrasión<50%	2 - 8%	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas de Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276

Fuente: (MTC, 2014)

4.3.1. Comparación presupuestal de la aplicación de caucho granular de neumático frente a la aplicación de cemento portland y cal

Para el cálculo de costos se efectuó un análisis de costos unitarios solo de la partida estabilización de subrasante.

En la **Tabla 46** muestra el costo unitario por m² de una estabilización de suelo para subrasante utilizando cemento portland con una dosificación del 8% según al peso del suelo según el manual de carreteras sección suelos y pavimentos, el costo obtenido es de S/ 19.91 soles.

Tabla 46. Costo unitario de la estabilización de subrasante con cemento portland.

Partida	01.01	ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON ADICIÓN DE CEMENTO PORTLAND (8%) E=15 cm					
Rendimiento	m²/DIA	1,100.0000	EQ.	1,100.00	Costo unitario directo por : m ²	19.91	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantida	Precio S/	Parcial S/
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0073	23.40	0.17
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0073	18.50	0.14
0101010005	PEÓN		hh	6.0000	0.0436	16.73	0.73
	1.04						
	Materiales						
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		0.5082	26.50	13.47
0290130022	AGUA		m3		0.0300	0.89	0.03
	13.50						
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.89	0.03
03011000040001	RODILLO NEUMÁTICO AUTOPROPULSADO 5.5 - 20 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34
03012000010002	MOTONIVELADORA FIAT FG-85A		hm	1.0000	0.0073	192.50	1.41
03012200050002	CAMIÓN CISTERNA (3,500 GLNS.)		hm	1.0000	0.0073	170.83	1.25
	5.37						

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 47** muestra el costo unitario por m² de una estabilización de suelo para subrasante utilizando cal con una dosificación del 6% respecto al peso del suelo especificado por el

manual de carreteras sección suelos y pavimentos, el costo obtenido es de S/ 16.55 soles por m2 de aplicación.

Tabla 47. Costo unitario de la estabilización de subrasante con cal.

Partida	01.02	ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON ADICIÓN DE CAL (6%) E=15 cm					
Rendimiento	m2/DIA	1,100.0000	EQ	1,100.000	Costo unitario directo por : m2		16.55
Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
		Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0073	23.40	0.17
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0073	18.50	0.14
0101010005	PEÓN		hh	6.0000	0.0436	16.73	0.73
							1.04
		Materiales					
0213020002	CAL HIDRATADA		bol		0.6523	15.50	10.11
0290130022	AGUA		m3		0.0300	0.89	0.03
							10.14
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.89	0.03
0301100004001	RODILLO NEUMÁTICO AUTOPROPULSADO 5.5 - 20 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34
0301100006002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34
0301200001002	MOTONIVELADORA FIAT FG-85A		hm	1.0000	0.0073	192.50	1.41
0301220005002	CAMIÓN CISTERNA (3,500 GLNS.)		hm	1.0000	0.0073	170.83	1.25
							5.37

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 48** muestra el costo unitario por m2 de una estabilización de suelo para subrasante utilizando caucho granular de neumático con una dosificación del 15% ya que con este porcentaje añadido se obtuvo mejores resultados, el costo obtenido es de S/ 15.89 soles.

Tabla 48: Costo unitario de la estabilización de subrasante con CGN.

Partida	01.03	ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE CON ADICIÓN DE CAUCHO GRANULAR DE NEUMÁTICO (15%) E=15 cm					
Rendimiento	m2/DIA	1,100.0000	EQ.	1,100.000	Costo unitario directo por : m2		15.89
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0073	23.40	0.17	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0073	18.50	0.14	
0101010005	PEÓN	hh	6.0000	0.0436	16.73	0.73	
							1.04
Materiales							
0207020001003	CAUCHO GRANULAR NEUMÁTICO	DE kg		13.5000	0.70	9.45	
0290130022	AGUA	m3		0.0300	0.89	0.03	
							9.48
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.89	0.03	
0301100004001	RODILLO NEUMÁTICO AUTOPROPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
0301100006002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
0301200001002	MOTONIVELADORA FIAT FG-85A	hm	1.0000	0.0073	192.50	1.41	
0301220005002	CAMIÓN CISTERNA (3,500 GLNS.)	hm	1.0000	0.0073	170.83	1.25	
							5.37

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar los cálculos de costos unitarios de la estabilización con cemento portland, cal y CGN para realizar una comparación de precios observamos en la siguiente tabla.

Tabla 49. Diferencia de costos

Material Estabilizante	Costo por m2	Costo de la vía San Juan de Perené - El pajonal (3.0 km)
Estabilización de subrasante con adición de cemento portland (8%) E=15 cm	19.91	298,650.00
Estabilización de subrasante con adición de cal (6%) E=15 cm	16.55	248,250.00
Estabilización de subrasante con adición de caucho granular de neumático (15%) E=15 cm	15.89	238,350.00

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos resultados obtenidos analizamos que aplicando el material propuesto (CGN) en una estabilización de suelos para subrasante resulta ser más económica frente a los estabilizadores convencionales pues

si se tratara de realizar un mejoramiento en el tramo San Juan de Perene – El pajonal cuya longitud es de 3.0 km con un ancho de 5 m, el presupuesto disminuye en S/ 9,900.00 soles frente al uso de la cal; y de S/ 60,300.00 soles frente al uso del cemento portland.

4.4. Prueba de hipótesis

4.4.1. Hipótesis específica N° 1

Prueba de normalidad

En el progreso de este estudio se ha considerado realizar la prueba de normalidad de los datos con el fin de establecer el tipo de estadístico que se utilizara para la prueba de hipótesis, los cuales se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 50: Prueba de normalidad de las propiedades físicas del suelo.

TIPO DE SUELO		Pruebas de normalidad		
		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
GRAVA	Suelo Existente	0.750	3	0.000
	Suelo + 5 % de CGN	0.847	3	0.233
	Suelo + 10 % de CGN	0.824	3	0.174
	Suelo + 15 % de CGN	0.873	3	0.305
ARENA	Suelo Existente	0.957	3	0.603
	Suelo + 5 % de CGN	0.959	3	0.610
	Suelo + 10 % de CGN	0.957	3	0.603
	Suelo + 15 % de CGN	0.750	3	0.000
FINO	Suelo Existente	0.928	3	0.480
	Suelo + 5 % de CGN	0.926	3	0.475
	Suelo + 10 % de CGN	0.934	3	0.505
	Suelo + 15 % de CGN	0.960	3	0.614
LÍMITE LÍQUIDO	Suelo Existente	0.976	3	0.700
	Suelo + 5 % de CGN	0.812	3	0.142
	Suelo + 10 % de CGN	0.878	3	0.319
	Suelo + 15 % de CGN	0.810	3	0.139
LÍMITE PLÁSTICO	Suelo Existente	0.917	3	0.443
	Suelo + 5 % de CGN	0.773	3	0.052
	Suelo + 10 % de CGN	0.962	3	0.623
	Suelo + 15 % de CGN	0.998	3	0.915
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	Suelo Existente	0.897	3	0.377
	Suelo + 5 % de CGN	0.887	3	0.345
	Suelo + 10 % de CGN	0.894	3	0.368
	Suelo + 15 % de CGN	0.985	3	0.762

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 50** se observa que todas las particularidades físicas del suelo como la granulometría (porcentaje de grava, arena y fino) y los límites de plasticidad (límite líquido, límite plástico eh índice de plasticidad) tienen una significancia mayor a 0.005, por ende se considera que tiene una distribución normal.

En base a los resultados obtenidos se concluye que para las propiedades físicas se utilizara el estadístico anova.

Prueba de hipótesis específica N° 1

H₁₀: El caucho granular de neumático no influye de manera significativa en las propiedades físicas de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes.

H₁₁: El caucho granular de neumático influye de manera significativa en las propiedades físicas de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes.

Tabla 51: Anova de un factor

ANOVA de un factor						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
GRAVA	Inter-grupos	10.790	3	3.597	25.356	
	Intra-grupos	1.135	8	0.142		0
	Total	11.924	11			
ARENA	Inter-grupos	299.710	3	99.903	47.61	
	Intra-grupos	16.787	8	2.098		0
	Total	316.497	11			
FINO	Inter-grupos	422.115	3	140.705	47.144	
	Intra-grupos	23.876	8	2.985		0
	Total	445.991	11			

Continuación de la tabla 51.

		ANOVA de un factor				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
LÍMITE LÍQUIDO	Inter-grupos	668.720	3	222.907	670.43	0
	Intra-grupos	2.660	8	0.332		
	Total	671.380	11			
LÍMITE PLÁSTICO	Inter-grupos	29.399	3	9.8	247.26	0
	Intra-grupos	0.317	8	0.04		
	Total	29.716	11			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	Inter-grupos	417.773	3	139.258	443.484	0
	Intra-grupos	2.512	8	0.314		
	Total	420.285	11			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en la **Tabla 51** los valores de significancia en todos los ensayos son menores que 0.005, por lo que se comprueba que existe una variación significativa de las propiedades físicas al utilizar CGN en proporciones del 5%, 10% y 15%, por consiguiente se acepta la hipótesis alterna o la trazada en la investigación.

Tabla 52: Similitud del análisis granulométrico.

HSD de Tukey ^a	GRAVA			ARENA			FINO		
TIPO DE SUELO	Subconjunto para alfa = 0.005								
	N	1	2	1	2	3	1	2	3
Suelo Existente	3	0.223		35.187			48.733		
Suelo + 5 % de CGN	3	0.800		38.447	38.447			55.767	
Suelo + 10 % de CGN	3	1.277	1.277		42.957	42.957		60.753	60.753
Suelo + 15 % de CGN	3		2.780			48.487			64.590
Sig.		0.037	0.005	0.094	0.021	0.007	1.000	0.031	0.099

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 52** se aprecia que en el proceso del análisis granulométrico para los diferentes materiales (grava, arena y fino) no existe sub conjuntos homogéneos del suelo, esto quiere decir que no hay mucha significancia, no altera en demasía las características físicas del suelo al añadir caucho granular de neumático en diferentes proporciones porque el nivel de significancia es mayor a 0.005 en cada grupo.

Tabla 53: Semejanza de los límites de Atterberg.

HSD de Tukey ^a		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO				ÍNDICE DE PLASTICIDAD			
TIPO DE SUELO	N	Subconjunto para alfa = 0.005											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Suelo + 15 % de CGN	3	29.057				18.550							10.507
Suelo + 10 % de CGN	3		35.663				19.850						15.813
Suelo + 5 % de CGN	3			43.697				21.630					22.067
Suelo Existente	3				48.543				22.597				25.947
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 53** se visualiza que en ninguno de los límites hay la existencia de un subconjunto homogéneo, cada grupo es independiente, estos resultados da a entender que hay variación significativa entre todos los grupos que se están comparando, en otras palabras al adicionar caucho granular de neumático en proporciones de 5%, 10% y 15% varia las propiedades físicas del suelo.

3.8.1. Hipótesis específica N° 2

Prueba de normalidad

Para el perfeccionamiento de este estudio se ha considerado realizar la prueba de normalidad de los datos con el fin de establecer el tipo de estadístico que se utilizara para la prueba de hipótesis, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 54: Prueba de normalidad de las propiedades mecánicas del suelo.

Pruebas de normalidad				
	TIPO DE SUELOS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
MAX. DEN. SECA	Suelo Existente	1.000	3.000	1.000
	Suelo + 5 % de CGN	1.000	3.000	1.000
	Suelo + 10 % de CGN	1.000	3.000	1.000
	Suelo + 15 % de CGN	1.000	3.000	1.000
OPT. CONT. HUMEDAD	Suelo Existente	0.787	3.000	0.085
	Suelo + 5 % de CGN	0.887	3.000	0.344
	Suelo + 10 % de CGN	0.875	3.000	0.309
	Suelo + 15 % de CGN	0.855	3.000	0.253
CBR 95% M.D.S	Suelo Existente	0.987	3.000	0.780
	Suelo + 5 % de CGN	0.920	3.000	0.452
	Suelo + 10 % de CGN	0.983	3.000	0.754
	Suelo + 15 % de CGN	0.999	3.000	0.931
CBR 100% M.D.S	Suelo Existente	0.980	3.000	0.726
	Suelo + 5 % de CGN	0.999	3.000	0.952
	Suelo + 10 % de CGN	0.990	3.000	0.806
	Suelo + 15 % de CGN	0.995	3.000	0.862

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 54** se observa que todas las propiedades mecánicas del suelo como la M.D.S, O.C.H y el CBR tienen una significancia mayor a 0.005, por ende se considera que tiene una distribución normal.

En base a los resultados obtenidos se concluye que para las propiedades mecánicas se utilizara el estadístico anova.

Prueba de hipótesis específica N° 2

H₂₀: El caucho granular de neumático no influye de manera significativa en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes.

H₂₁: El caucho granular de neumático influye de manera significativa en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes.

Tabla 55: Anova de un factor

		ANOVA de un factor				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MAX. DEN. SECA	Inter-grupos	0.23	3.00	0.08	782.75	0.00
	Intra-grupos	0.00	8.00	0.00		
	Total	0.24	11.00			
OPT. HUMEDAD	Inter-grupos	63.93	3.00	21.31	23.11	0.00
	Intra-grupos	7.38	8.00	0.92		
	Total	71.30	11.00			
CBR 95% M.D.S	Inter-grupos	31.59	3.00	10.53	277.39	0.00
	Intra-grupos	0.30	8.00	0.04		
	Total	31.89	11.00			
CBR 100% M.D.S	Inter-grupos	27.27	3.00	9.09	417.90	0.00
	Intra-grupos	0.17	8.00	0.02		
	Total	27.44	11.00			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados los valores de la **Tabla 55** la significancia en los ensayos de compactación y CBR son menores que 0.005, por lo que se comprueba que existe una variación significativa de las propiedades mecánicas al utilizar CGN en

proporciones del 5%, 10% y 15%, de manera que se admite la hipótesis alterna o la planeada en la investigación.

Tabla 56. Semejanza de la M.D.S y el O.C.H..

HSD de Tukey ^a		MAX. DEN. SECA			OPT. CONT. HUMEDAD	
TIPO DE SUELOS	N	Subconjunto para alfa = 0.005				
		1	2	3	1	2
Suelo + 15 % de CGN	3	1.570			15.700	
Suelo + 10 % de CGN	3	1.600			17.333	
Suelo + 5 % de CGN	3		1.760		19.517	19.517
Suelo Existente	3			1.920		21.833
Sig.		0.026	1.000	1.000	0.005	0.071

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 56** se aprecia que con la adición de CGN al 15% y 10% no hay mucha significancia, es decir no altera en demasía las propiedades mecánicas como la MDS y el OCH, el nivel de significancia es mayor a 0.005 en cada grupo evaluado.

Tabla 57. Homogeneidad del CBR.

HSD de Tukey ^a		CBR 95% M.D.S				CBR 100% M.D.S			
TIPO DE SUELOS	N	Subconjunto para alfa = 0.005							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Suelo Existente	3	3.787				5.127			
Suelo + 5 % de CGN	3		4.897				6.147		
Suelo + 10 % de CGN	3			6.313				7.370	
Suelo + 15 % de CGN	3				8.123				9.173
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla 57** se visualiza que en ninguno de los grupos hay la existencia de un subconjunto homogéneo, cada grupo es independiente, estos resultados da a entender que hay variación significativa entre todos los grupos que se están comparando, en otras palabras al adicionar caucho granular de neumático en proporciones de 5%, 10% y 15% varia las propiedades mecánicas del suelo.

3.8.2. Hipótesis específica N° 3

Prueba de hipótesis específica N° 3

H₃₀: La adición de caucho granular de neumático para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos no reduce el costo en un 15 % en comparación con los estabilizadores tradicionales.

H₃₁: La adición de caucho granular de neumático para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos reduce el costo en un 15 % en comparación con los estabilizadores tradicionales.

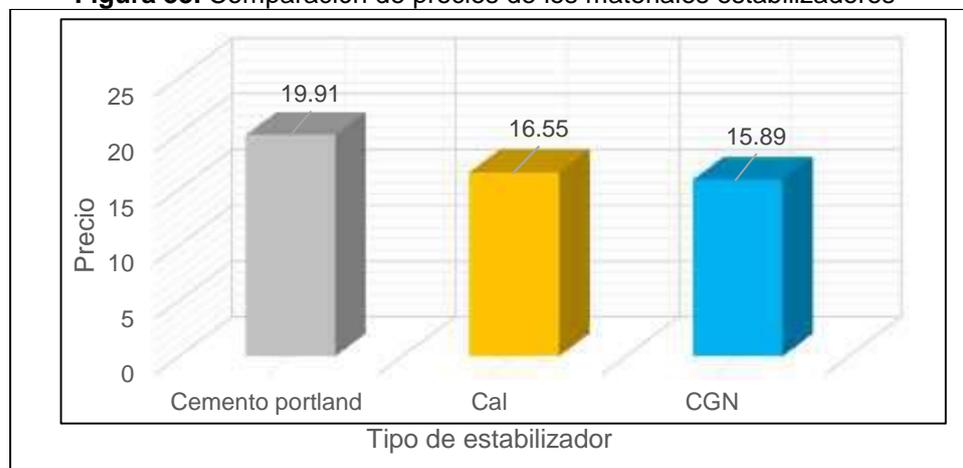
De acuerdo a los datos obtenidos en la variación de precios al utilizar materiales para la estabilización de suelos cohesivos en subrasantes, de manera que se admite la hipótesis alterna o la planeada en la investigación

Tabla 58. Precios por m2 de los materiales estabilizadores.

Estabilizador	<i>Cemento portland</i>	<i>Cal</i>	<i>CGN</i>
Precio	19.91	16.55	15.89

Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Comparación de precios de los materiales estabilizadores



Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 58** y la **Figura 33** detallan una comparación en precio de los materiales propuestos (cemento portland y cal) en los manuales del MTC y del Caucho granular de neumático, evaluando que al utilizar CGN por m2 de aplicación en una estabilización de subrasante el costo resulta menor frente al cemento portland y la cal.

Tabla 59. Variación porcentual cemento portland - CGN

Cemento Portland	19.91	100%	0%
CGN	15.89	79.81%	-20.19%

Fuente. Elaboración propia

De la **Tabla 59** se explica que existe una variación porcentual económica al aplicar CGN en estabilización de subrasantes en comparación con la aplicación de cemento portland; pues el costo reduce en 20.19%. Con esta demostración se refuerza la hipótesis alterna o la planteada en la investigación que planteaba la siguiente expresión “La adición de caucho granular de neumático para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos reduce el costo en un 15 % en comparación con los estabilizadores tradicionales”.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el trabajo de investigación realizada por Alvarez (2019) en su trabajo titulada como **“Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica”**, aludido como antecedente nacional nos declara que muestra una mejora en la característica física del suelo dado que tuvieron una muestra en estado natural 28.8% de fracción gruesa, 17.9% de limos, 24.1% de arcillas y 29.2% de coloides y en los límites de Atterberg tuvieron un índice de plasticidad de 13%, limite liquido de 34%, limite plástico de 21%. Con la adición de caucho en polvo sus resultados fueron un índice de plasticidad de 8%, limite liquido de 29% y un límite plástico de 21%, todos estos resultados fueron obtenidos adicionando 3.5% de polvo de caucho en relación al peso del suelo. Demostrándose de esta manera que al adicionar polvo granular de neumático reduce los límites de consistencia de un suelo.

Al respecto Rojas (2019) citado como antecedente nacional en su investigación **“mejoramiento de las subrasante en la avenida Bonavista incorporando caucho granular”** para un suelo en estado natural con una MDS de 1.863 g/cm³, OCH de 13.80, CBR (al 95% de la MDS) de 5.80% y un CBR (al 100% de la MDS) de 10.50%; se obtuvieron los siguientes resultados adicionando 40% de caucho granular reciclado una MDS de 1.378 g/cm³, OCH de 12.50%, CBR (al 95% de la MDS) de 3.60% y un CBR (al 100% de la MDS) de 8.90%. Rojas Rodríguez culmina mencionando lo siguiente, que el caucho

granular reciclado no logró influir en la MDS y OCH, tampoco logro influir en el incremento de CBR ya que a medida que se adicionaba el caucho reciclado el porcentaje de CBR tiende a disminuir.

En lo que no concuerdo con el autor es que menciona que el óptimo contenido de humedad tiende a bajar. Debido a que el caucho absorbe humedad y al absorber humedad el OCH tiende a crecer; otro punto es la cantidad de caucho agregado a las muestras, es decir mientras más % de caucho granular agregas a un suelo la densidad del suelo tiende a bajar porque el caucho es un material liviano, de otro modo deberíamos llegar a un punto de dosificación porque con mis resultados agregando 15% de CGN obtuve resultados favorables y en sus resultados agregando un 40% de caucho granular sus resultados fueron desfavorables para el ensayo de CBR.

Según Alvarez (2019) en su trabajo de investigación titulada "**Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica**", citado como antecedente nacional para un suelo en estado natural con un OCH de 17.4%, una MDS de 1.535 g/cm³ y un CBR de 3.2% se obtuvieron resultados con la adición de polvo de caucho al 3.5% un OCH de 16.4%, una MDS de 1.562 g/cm³ y un CBR de 9.4%.

Según Cusquisibán (2014) citado como antecedente nacional en su investigación "**Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumático para fines constructivos de pavimento**" para un suelo en condiciones normales tiene una MDS de 1.772 g/cm³, OCH de 43.4% y un CBR al 100 de la MDS de 18.18% con la adición de caucho granular se obtuvieron una MDS de 2.183 gr/cm³, un OCH de 7.67% y un CBR de 56.03%, adicionando un 60% en peso del suelo de caucho granular.

Según sus ensayos de proctor modificado la MDS sube y el OCH baja lo que ocurre contrariamente a mis resultados debido a que la cantidad de humedad debería subir por la absorción de agua que realiza el caucho y la máxima densidad seca debería bajar porque el caucho es un material liviano.

Al respecto Patiño (2017), citado como antecedente internacional en su investigación titulada "**Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado**" nos menciona que, al adicionar caucho granulado en proporciones del

5%, 10% y 15% obtiene una reducción abrupta del CBR en 8.15%, 5.87 y 5.15% respectivamente, también nos menciona que la MDS y el OCH tienden a bajar.

Por lo mencionado líneas arriba el caucho granular es liviano Patiño Ycaza pretendió mejorar un suelo con CBR en estado natural de 56.86%, agregando un 5% de caucho granular y obtuvo un CBR de 8.15%; lo cual desde mi punto de vista no es coherente estos resultados, porque al adicionar solo un 5% de caucho granular la capacidad de carga bajaría, pero no a esas dimensiones.

Laica (2016) citado como antecedente internacional nos menciona que, al adicionar caucho granulado en porcentajes de 3%, 6% y 9% la capacidad de soporte del suelo fue bajando, donde los resultados al 9% de adición de caucho granulado fueron, una MDS de 1.805 gr/cm³, un OCH de 9.3%, y un CBR al 100% de la MDS de 10.20%

5.1. Contrastación de hipótesis

5.1.1. Hipótesis específica N°01:

El caucho granular de neumático influye de manera significativa en las propiedades físicas de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes.

De los resultados iniciales de la muestra patrón se tiene; en el análisis granulométrico el % de grava de 0.22%, arena 35.19% y finos 64.59% al agregar un 15% de CGN el porcentaje de grava es de 2.78%, arena de 48.49% y 48.73% de finos. En los ensayos de consistencia los valores iniciales son, para el LL un valor de 48.54%, LP de 22.60% y IP de 25.95%, añadiendo 15% CGN se obtuvo un LL de 29.06%, LP de 18.55 y un IP de 10.51%.

En la clasificación granulométrica por los sistemas SUCS y AASHTO del suelo natural se obtuvo un CL y A7 – 5 (15), agregando un 15% de CGN se obtuvo un SC y A – 6 (2) respectivamente.

Dando por aceptado con estos resultados la hipótesis alterna o planteada en la investigación, argumentando que el CGN influye de manera significativa en las propiedades físicas del suelo arcillosos para estabilizar subrasantes.

5.1.2. Hipótesis específica N°02:

El caucho granular de neumático influye de manera significativa en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes.

De acuerdo a los resultados en las propiedades mecánicas se observa que al adicionar CGN en diferentes porcentajes en las muestras de suelos para el ensayo de Proctor modificado la máxima densidad seca tiende a bajar de 1.92 gr/cm³ a 1.57 gr/cm³, para el caso del OCH se incrementa al agregar caucho granular de 15.70% a 21.83%. Se observa también que el porcentaje de CBR sube al adicionar caucho granular de neumático de 3.79% a 8.12% al 95% de la MDS y de 5.13% a 9.17% al 100% de la máxima densidad seca con la adición del 15% de CGN en peso del suelo para ambos casos.

Con estos resultados se acepta la hipótesis alterna planteada en la investigación, argumentando que el CGN influye de manera significativa en las propiedades mecánicas del suelo arcillosos para estabilizar subrasantes.

5.1.3. Hipótesis específica N°03:

La adición de caucho granular de neumático para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos reduce el costo en un 15 % en comparación con los estabilizadores tradicionales.

En concordancia con el análisis de costos, el precio por m² aplicando el caucho granular de neumático es de S/15.89 soles según la **Tabla 48**; aplicando los materiales propuestos por el manual de carreteras con son el cemento portland y la cal cuyos precios por m² de aplicación son de S/19.91 soles y S/16.55 soles respectivamente. Hablando porcentualmente el costo con la aplicación de CGN reduce en un 15% en comparación con el cemento portland.

Con estos resultados se acepta la hipótesis alterna planteada en la investigación, argumentando que la aplicación de CGN reduce el costo en un 15% en comparación con los estabilizadores tradicionales.

CONCLUSIONES

1. Se demuestra que las propiedades de los suelos arcillosos mejoran con la adición controlada de caucho granular de neumático con fines de estabilizar subrasantes.
2. Se demostró que propiedades físicas del suelo mejoran al incorporar Caucho Granular de Neumático, de modo que los porcentajes de grava y arena pasan de 0.22% a 2.78% y 35.19 a 48.49% respectivamente y en los límites de consistencia el LL de 48.54% a 29.06%, el LP de 22.6% a 18.55% y el IP de 25.95 a 10.51%. En la clasificación granulométrica por los sistemas SUCS y AASHTO del suelo natural se obtuvo un CL y A7 – 5 (15), agregando un 15% de CGN se obtuvo un SC y A – 6 (2) respectivamente
3. Las propiedades físicas del suelo mejoran al incorporar Caucho Granular de Neumático, en el ensayo de proctor modificado la MDS pasa de 1.92 gr/cm³ a 1.57 gr/cm³, en el OCH el % de humedad pasa de un 15.7% a 21.83%; en el ensayo de CBR al 95% de la MDS el valor del índice pasa de un 3.79% a 8.12% y al 100% de la MDS el índice mejora de 5.13% a 9.17%.
4. El costo con la utilización de CGN es menor en comparación con la aplicación de cemento portland y cal pues el costo disminuye en 20.19% y 3.99% respectivamente, para una aplicación por kilómetro de estabilización de subrasante.

RECOMENDACIONES

1. Según los resultados obtenidos se recomienda el uso de caucho granular de neumático para estabilizar subrasantes en una proporción del 15% respecto al peso del suelo, debido a que se obtiene mejores resultados que al del 5% y 10% y se encuentran en un rango de 6 % CBR < 10 % subrasante regular según la Tabla 3.
2. La recomendación es la utilización del 15% de caucho granular de neumático para mejorar las propiedades físicas del suelo ya que los porcentajes de grava y arena aumentan y los límites de consistencia tienden a disminuir.
3. Se recomienda utilizar 15% de caucho granular de neumático para mejorar las propiedades mecánicas del suelo ya que con este % el índice de CBR mejora al 9.17%.
4. Se recomienda la utilización de caucho granular de neumático porque disminuyen los costos en comparación con el cemento portland y la cal esta variación se da en 20.19% y 3.99% respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, N. (2019). *Estudio experimental del efecto mecánico de un suelo arcilloso al adicionar polvo de caucho para aplicaciones geotécnica* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648723>
- Arias, E. R. (2020). Investigación aplicada. *Investigación Aplicada*, 5.
- Bañón, L., & Beviá, J. F. (2000). Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. In *Manual de Carreteras*.
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787>
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (L. Gaona (ed.); Segunda). Pearson Educación.
- Botia, W. (2015). Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos y Memoria de Calculo. In *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* (Vol. 2, Issue 9, p. 165).
[https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE SUELOS.pdf;jsessionid=95A45B28ECD9D5FD476299D39C795B3C?sequence=1](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL_DE_PROCEDIMIENTOS_DE_ENSAYOS_DE_SUELOS.pdf;jsessionid=95A45B28ECD9D5FD476299D39C795B3C?sequence=1)
- Braja Das, M. (2011). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*.
- Castro, G. (2007). *REUTILIZACION, RECICLADO Y DISPOSICION FINAL DE NEUMATICOS*. 60.
https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico.pdf
- Castro, G. (2008). MATERIALES Y COMPUESTOS PARA LA INDUSTRIA DEL NEUMATICO. *Diciembre*, 1–57.
https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico.pdf
- Cusquisibán, W. (2014). *Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumático para fines constructivos de pavimento* [Universidad

- Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/685>
- Diaz, C. (2017). IMPLEMENTACIÓN DEL GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR) PROVENIENTE DE LLANTAS USADAS PARA MEJORAR LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS Y GARANTIZAR PAVIMENTOS SOSTENIBLES EN BOGOTÁ [Universidad Santo Tomas]. In (Vol. 6). <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2633/Diazcesar2017.pdf>
- Garibay, S. A. T. (2014). Geología y geotecnia 2014 (4°. *TIPOS DE SUELOS: CARACTERÍSTICAS TACTO VISUALES*, 2014, 1–18. https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Caracteristicas_tacto_visuales_2014_2s.pdf
- Garibay, S. A. T. (2018). Geología y Geotecnia. In *Geología y Geotecnia* (p. 28). https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/TIPOS_DE_SUELO.pdf
- Garrone, P. (2017). *Desarrollo Sustentable y Conservacion del Medio Ambiente*. 67. <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2018/04/LPA-25.F3.M.3.8.2.ETP-B-4.pdf>
- Hernández, J. (2016). *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la Universidad de El Salvador* [Universidad De El Salvador]. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14342/1/50108285.pdf>
- Hernando, S. (2012). Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio. *Revista Facultad de Ingeniería*, 21(32), 21. <https://doi.org/10.19053/01211129.1431>
- Laica, J. (2016). Influencia de la inclusion de polimero reciclado (caucho) en las propiedades mecanicas de una sub base [Universidad Tecnica de Ambato]. In *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* (Vol. 20, Issue 1). <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24440>
- Leiva, R. (2016). *Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva KM 0+000 - KM 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción*. Universidad Nacional del Centro

del Perú.

- Montejo, A. (2018). *ESTABILIZACION DE SUELOS*.
<https://docplayer.es/202738097-Ingenieria-civil-estabilizacion-de-suelos-alfonso-montejo-fonseca-alejandro-montejo-piratova-alberto-montejo-piratova-bogota-mexico-df.html>
- MTC. (2013). *Manual de carreteras* (p. 1440).
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-01-13 Especificaciones Tecnicas Generales para Construcción - EG-2013 - \(Versión Revisada - JULIO 2013\).pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-01-13 Especificaciones Tecnicas Generales para Construcción - EG-2013 - (Versión Revisada - JULIO 2013).pdf)
- MTC. (2014a). *Manual de carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (Sección suelos y pavimentos)* (p. 305). Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC. (2014b). Manual De Carreteras Dg-2014. In *MANUAL DE CARRETERAS, SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS* (p. 305).
- MTC. (2014c). *MANUAL DE CARRETERAS MC-05-14 Seccion Suelos y pavimentos* (p. 301).
- MTC. (2018). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. *Portal Del MTC*, 27.
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf
- Parella, S., & Mastins, F. (2012). *Metodología de la investigacion cuntitativa* (tercera ed). FEDUPEL.
- Patiño, J. (2017). *Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado* [Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil].
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9159>
- Quispe, A. (2020). *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648846/MoaleQ_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y

- Ramirez, A. (2005). Metodología de la investigación científica. In *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA I*. (p. 111).
- Ramon, G. (2014). Diseño experimentales. *Apuntes de Clase Del Curso Seminario Investigativo VI*, 39.
http://viref.udea.edu.co/contenido/menu_alterno/apuntes/ac37-diseno_experiment.pdf
- Rojas, R. (2019). Mejoramiento de la subrasante incorporando caucho granular reciclado en la Avenida Bonavista, Carabayllo, Lima - 2019. In *Repositorio Institucional - UCV*. Universidad Cesar Vallejo.
- Yanez, D. (2015). ▷ **【Investigación Explicativa】** » *Características y ejemplos*. 7.
[file:///C:/Users/USER/Downloads/Investigación Explicativa.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Investigación%20Explicativa.pdf)

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 3: ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de consistencia

Tesis: “ Efecto de adicionar caucho granular de neumáticos en las propiedades de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es el efecto de adicionar caucho granular de neumáticos en las propiedades de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>a) ¿De qué manera el caucho granular de neumático estabiliza las propiedades físicas de suelos arcillosos para subrasantes?</p> <p>b) ¿En qué modo el caucho granular de neumático estabiliza las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para subrasantes?</p> <p>c) ¿En qué medida el caucho granular de neumático incrementa el costo en la estabilización de suelos arcillosos?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar el efecto al adicionar caucho granular de neumáticos en las propiedades de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>a) Analizar de qué manera el caucho granular de neumático estabiliza las propiedades físicas de suelos arcillosos para subrasantes.</p> <p>b) Estimar de qué modo el caucho granular de neumático estabiliza las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para subrasantes.</p> <p>c) Evaluar el incremento del costo del proyecto al añadir caucho granular de neumático en la estabilización de suelos arcillosos.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>El caucho granular de neumáticos incide de manera significativa en las propiedades del suelo arcilloso para estabilizar subrasantes</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>a) El caucho granular de neumático influye de manera significativa en las propiedades físicas de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes.</p> <p>b) El caucho granular de neumático contribuye de manera significativa en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para estabilizar subrasantes</p> <p>c) La adición de caucho granular de neumático para estabilizar la subrasantes en suelos arcillosos incrementa el costo en un 15 %</p>	<p>Variable independiente (X): Caucho granular.</p> <p>Variable dependiente (Y): Propiedades de suelos arcillosos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad. - Propiedades físicas. - Propiedades mecánicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proporciones de caucho granular respecto al peso del suelo - Análisis Granulométrico - Contenido de Humedad - Limite líquido - Limite plástico - Índice de plasticidad - Proctor modificado - CBR. 	<p>Método de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Científico. <p>Tipo de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicada. <p>Nivel de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Explicativo. <p>Diseño de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Experimental. <p>Población:</p> <p>Corresponderá al suelo de subrasantes en el distrito de Perene, provincia de Chanchamayo del departamento de Junín.</p> <p>Muestra:</p> <p>Para el desarrollo de esta investigación no se ha utilizado un tipo de muestreo debido a que la muestra es igual a la población siendo un total de 12 especímenes que suman un total de 84 ensayos.</p>

ANEXO N° 02: PANEL FOTOGRÁFICO



visita al lugar de investigación el anexo de San Juan de Perené perteneciente al Distrito de Perené de la provincia de Chanchamayo región Junín.



Se visualiza el ingreso al tramo en investigación San Juan de Perené – el pajonal



Se realizó la primera excavación de la primera calicata en la progresiva 1+000 para la obtención de muestras.



Se visualiza la muestra extraída de la calicata N° 01, se puede observar a simple vista que carece de material gravoso y la abundancia de material arenoso y arcilloso.



Se realiza la excavación de la segunda calicata en la progresiva 02+000 del tramo San Juan de Perene – el pajonal.



Extracción de muestras de suelo de la segunda calicata, donde se puede ver que el material predominante es la arcilla y los terrones de arena y arcilla.



Se realiza la excavación de la segunda calicata en la progresiva 03+000 del tramo San Juan de Perene – el pajonal.



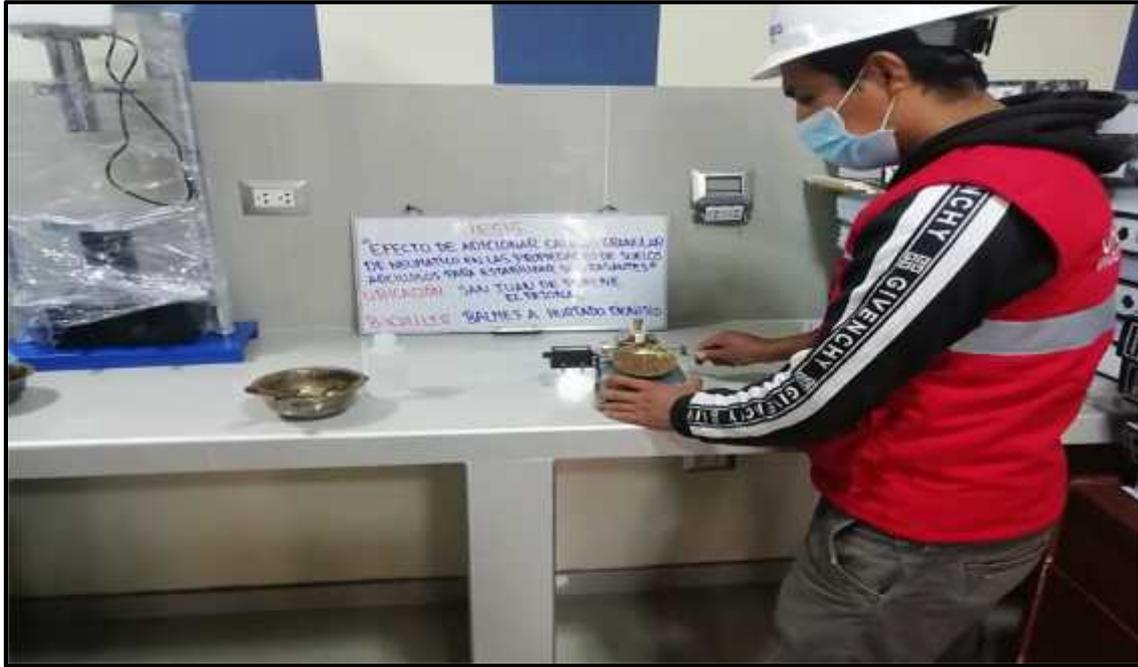
Extracción de muestras de suelo de la tercera calicata, donde se puede ver que el material predominante es la arcilla y los terrones de arena y arcilla.



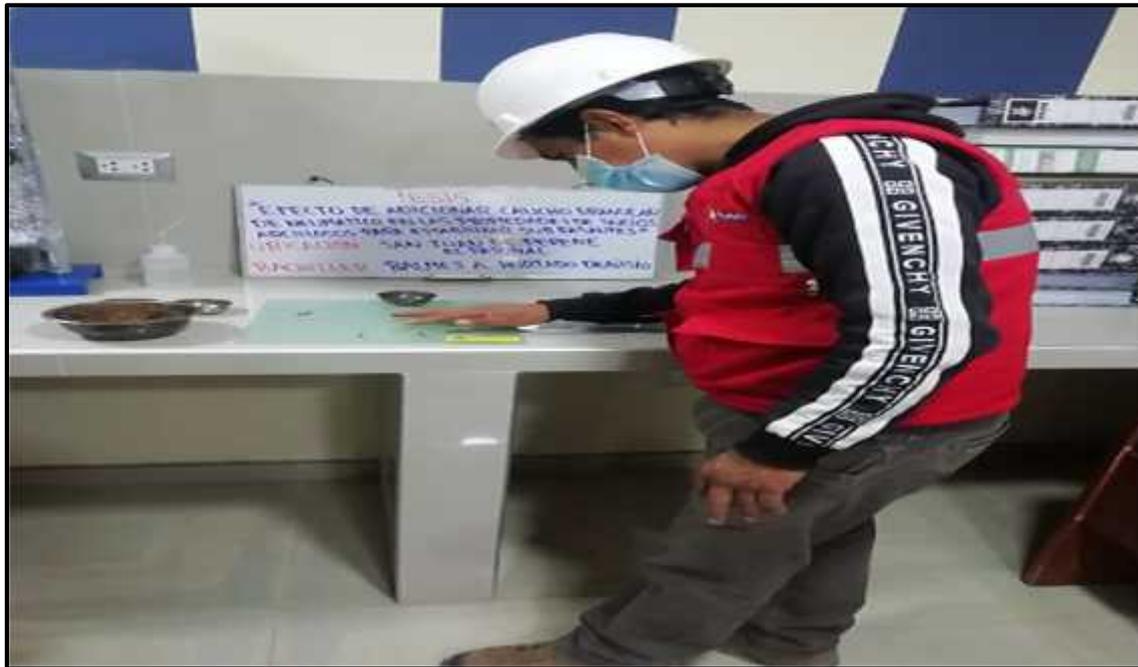
En la foto se observa el caucho granular de neumático utilizado en los ensayos de mecánica de suelos, de dimensiones desde 7 mm a menos incluyendo polvo de caucho.



Se observa el lavado de material por la malla N° 200 para el análisis granulométrico.



Se visualiza el procedimiento del ensayo de limite liquido en la copa Casagrande.



Se visualiza el procedimiento del ensayo de limite plástico.



Ensayo de Proctor modificado con la adición de caucho granular de neumático.



Derecha; Ensayo de Proctor modificado con la adición de caucho granular de neumático.
Izquierda; se visualiza la adherencia suelo – caucho después del ensayo proctor modificado.



Se observa la preparación del material para el ensayo de CBR.



Pesaje de material para el ensayo de CBR.



Inmersión de las muestras del ensayo CBR.



Tomando la primera lectura de hinchamiento.

ANEXO N° 03: CERTIFICADO DE LOS ENSAYOS

**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D 2216-19)**

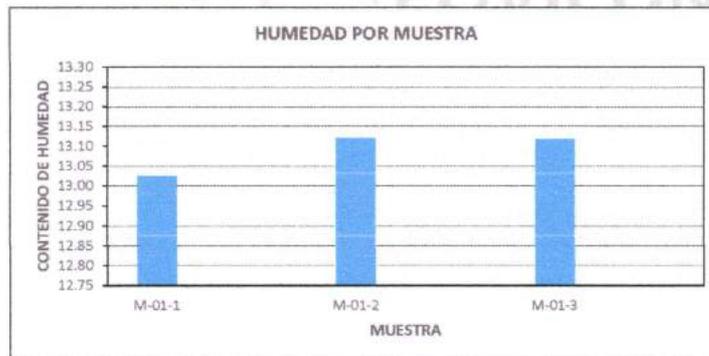
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-01
--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO	TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES
---	--

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL DISTRITO : PERENÉ PROVINCIA : CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	ENSAYOS REALIZADOS: CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19 PRESERVACIÓN DE SUELOS (MUESTRAS) SEGÚN NORMA ASTM D4220-14
--	--

TOMA DE MUESTRAS:	Modalidad : Muestreo por el Cliente	Profundidad : 1.50 m	Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.n
	Metodo de Muestreo : Excavacion Manual	Napa freatica : N.P	Coordenadas UTM: E.475367.00 N.8795358.00
	Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Tipo de Muestra : Patron	

N° DE ENSAYO		M-01-1	M-01-2	M-01-3
SUELO HUMEDO + TARA	g	215.32	216.57	214.78
SUELO SECO + TARA	g	196.17	197.15	195.57
PESO DEL AGUA	g	19.15	19.42	19.21
PESO TARA	g	49.14	49.14	49.14
SUELO SECO	g	147.03	148.01	146.43
% HUMEDAD	%	13.02	13.12	13.12
HUMEDAD PROMEDIO	%	13.09		



Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado para el ensayo de humedad como representativo de la muestra total			
Condicion de la muestra	Muestra alterada	Tamaño maximo partícula % que pasa	9.50 mm
Metodo seleccionado	Metodo A	Masa minima recomendada muestra	

TABLA 1 - Requisitos mínimos para la masa de la muestra de prueba y la legibilidad de la balanza					
Tamaño máximo de partícula (pasa 100%)		Método A Humedad Recomendada ± 1%		Método B Humedad Recomendada ± 0.1%	
Media en, mm	Media en, pulg.	Masa Minima de Especimen	Legibilidad de Balanza (g)	Masa Minima de Especimen	Legibilidad de Balanza (g)
75.0 mm	3 pulg.	5 kg	10	50 kg	10
37.5 mm	1 1/2 pulg.	1 kg	10	10 kg	10
19.0 mm	3/4 pulg.	250 g	1	3 kg	1
9.5 mm	3/8 pulg.	50 g	0.1	500 kg	0.1
4.75 mm	N° 4	20 g	0.1	100 kg	0.1
2.00 mm	N° 10	20 g	0.1	20 kg	0.1

Si los datos del contenido de agua se van a utilizar para calcular otras relaciones, como masa húmeda o seca, peso unitario húmedo o seco o densidad total o seca, entonces la masa de la muestra de hasta 200 g debe determinarse utilizando una balanza con una precisión de 0.01 g.

Dario Oswaldo Villar Reyna
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

David Mayhua Matamoros
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691



**LÍMITES DE ATTERBERG
 (ASTM - 4318-17)**

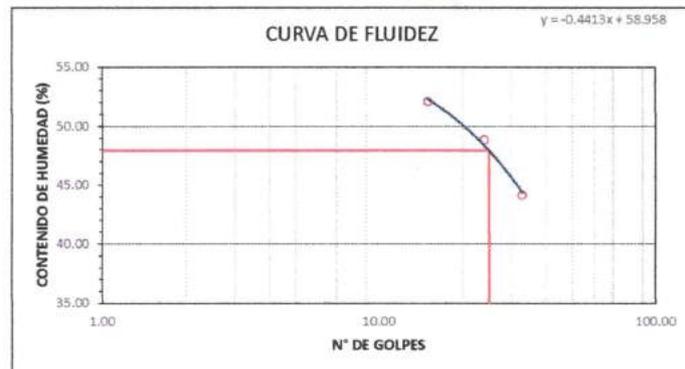
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-01

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN: SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO: PERENÉ
 PROVINCIA: CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹
 CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad: Muestreo por el Cliente
 Profundidad: 1.50 m
 Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo: Excavación Manual
 Napa freatica: N.P
 Coordenadas UTM: E.475367.00
 Perfil del Suelo Tipo: S2, Suelos Intermedios
 Tipo de Muestra: Patron
 N.8795358.00

LIMITES DE CONSISTENCIA	LIMITE LIQUIDO (ASTM D - 423)		LIMITE PLASTICO (ASTM - 424)		
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	43.74	44.05	43.37	28.07	27.56
SUELO SECO + TARA (gr)	36.02	36.55	36.58	26.80	26.40
PESO DEL AGUA (gr)	7.72	7.50	6.79	1.27	1.16
PESO TARA (gr)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	14.82	15.35	15.38	5.60	5.20
% HUMEDAD	52.09	48.86	44.15	22.59	22.31
NUMERO DE GOLPES	15.00	24.00	33.00		



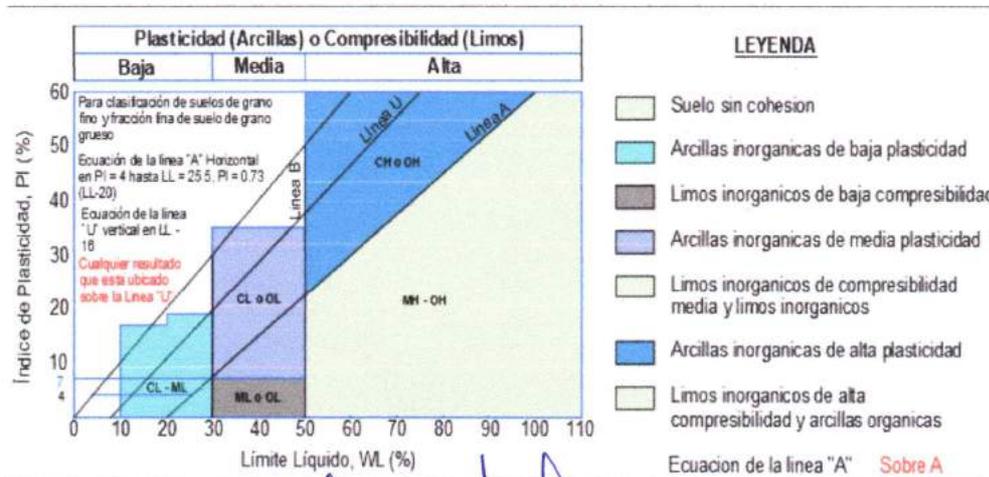
Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17¹)

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	47.93 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _P)	22.45 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	25.48 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	CL
AASHTO (ASTM D3282-15)	A7-5 (15)

Arcilla ligera con arena



Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21. Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edición

OBSERVACIONES:

[Signature]
DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (ASTM - 422)

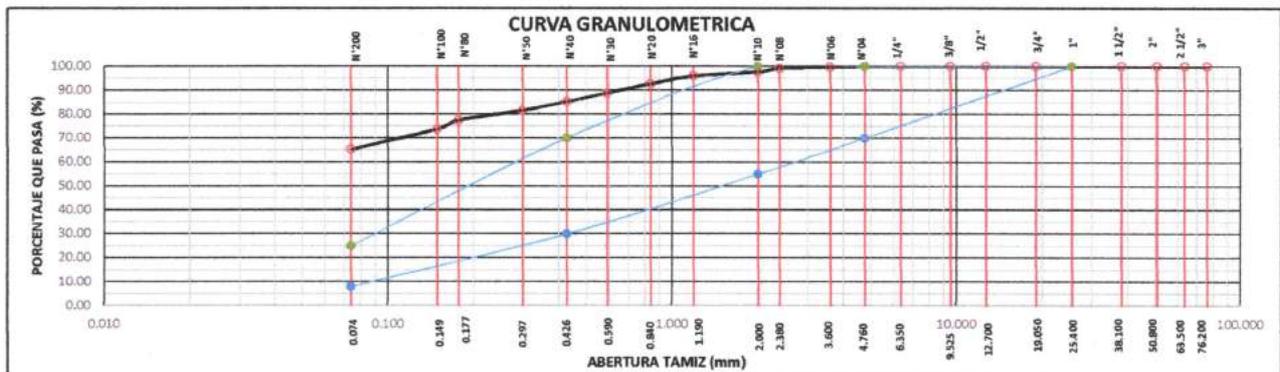
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-01
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18
 CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freatica : N.P Coordenadas UTM: E.475367.00
 N.8795358.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Patrón

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: 13.09 %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 47.93 %
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE PLÁSTICO: 22.45 %
Nº 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 25.48 %
Nº 6	3.600	10.00	0.33	0.33	99.67	
Nº 8	2.380	14.00	0.47	0.80	99.20	PORCENTAJES
Nº 10	2.000	45.00	1.50	2.30	97.70	GRAVA [Nº 4 < φ < 3"] 0.00 %
Nº 16	1.190	53.00	1.77	4.07	95.93	ARENA [Nº 200 < φ < Nº 4] 34.83 %
Nº 20	0.840	98.00	3.27	7.33	92.67	FINOS [φ < Nº 200] 65.17 %
Nº 30	0.590	116.00	3.87	11.20	88.80	
Nº 40	0.426	108.00	3.60	14.80	85.20	CLASIFICACIÓN:
Nº 50	0.297	109.00	3.63	18.43	81.57	SUCS (ASTM D2487-17) CL Arcilla ligera con arena
Nº 80	0.177	125.00	4.17	22.60	77.40	AASHTO (ASTM D3282-15) A7-5 (15)
Nº 100	0.149	113.00	3.77	26.37	73.63	
Nº 200	0.074	254.00	8.47	34.83	65.17	OBSERVACIONES:
-200	-	1955.00	65.17	100.00	-	
	Peso Inicial	3000	100			



DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

David
 David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM 1557)**

FECHA TOMA DE	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-01

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO	TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES
--	---

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL DISTRITO : PERENÉ PROVINCIA : CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10
---	--

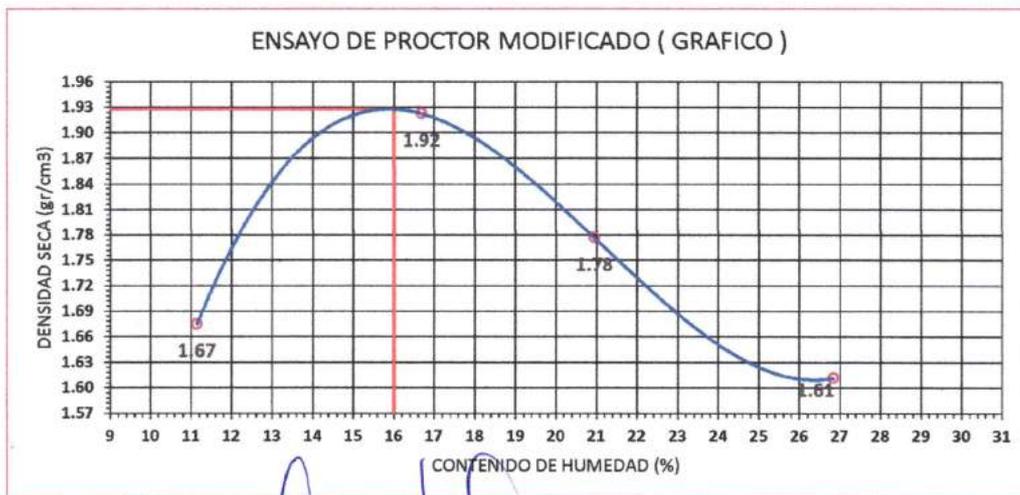
TOMA DE MUESTRAS: Modalidad : Muestreo por el Cliente Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Profundidad : 1.50 m Napa freatica : N.P Tipo de Muestra : Patron	Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m Coordenadas UTM: E.8790438.62 N.475299.18
---	---	---

PUNTO		1	2	3	4
PESO DEL MOLDE	(g)	6572	6572	6572	6572
VOLUMEN DEL MOLDE	(cm3)	2116	2116	2116	2116
PESO SUELO H. COMPACTADO + MOLDE	(g)	11,319	11,119	10,897	10,511
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	(g)	4,747	4,547	4,325	3,939
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	(g/cm3)	2.243	2.149	2.044	1.862
PESO SUELO HUMEDO + TARA	(g)	556.6	674.9	568.2	524.6
PESO SUELO SECO + TARA	(g)	477.0	558.0	448.0	472.0
PESO DEL AGUA	(g)	79.6	116.9	120.2	52.6
TARA	(g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO SUELO SECO	(g)	477.0	558.0	448.0	472.0
CONTENIDO DE AGUA	(%)	16.7	20.9	26.8	11.1
PESO VOLUMETRICO SECO	(g/cm3)	1.923	1.777	1.612	1.675

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

Metodo C

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) : 1.928 g/cm3
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.00 %



[Signature]
DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691

E-mail : geovicon@gmail.com /
 geovicon.sac.consultas@gmail.com

RUC : 20602102115

VALOR SOPORTE RELATIVO

(ASTM - D1883)

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-01
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO **TESIS:** EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
PARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS: ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:
Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m
Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freatica : N.P Coordenadas UTM: E.475367.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Patrón N.8795358.00

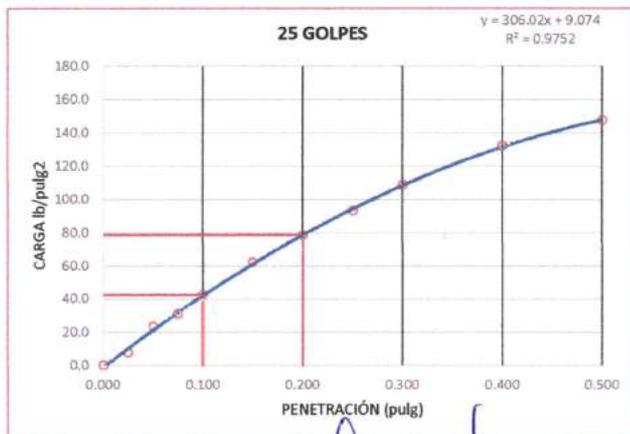
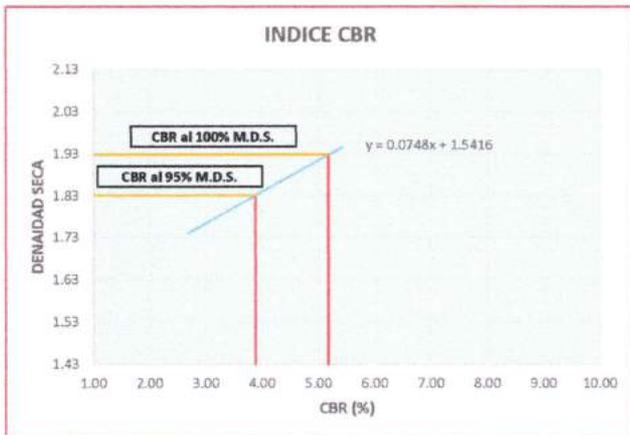
GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Proctor Modificado:	ASTM D1557
Método de Compactación:	Método C
Máxima Densidad Seca (Gr/cm3):	1.928
Óptimo Contenido de Humedad (%):	16.00
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm3):	1.831

RESULTADOS ENSAYO CBR

CBR AL 100% DE LA MDS	0.1"	5.17
CBR AL 95% DE LA MDS	0.1"	3.88



[Firma]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691

**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D 2216-19)**

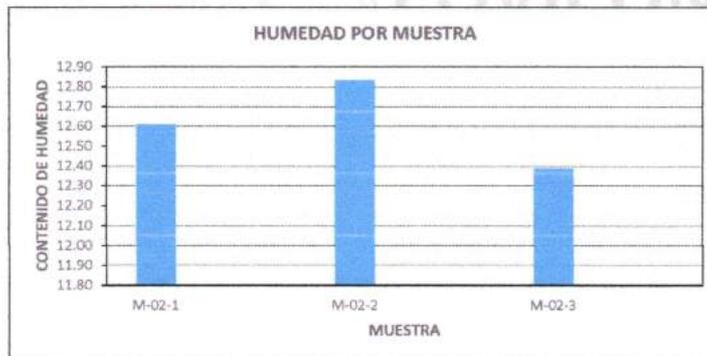
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-02
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO	TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES
--	---

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL DISTRITO : PERENÉ PROVINCIA : CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	ENSAYOS REALIZADOS: CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19 PRESERVACIÓN DE SUELOS (MUESTRAS) SEGÚN NORMA ASTM D4220-14
---	---

TOMA DE MUESTRAS:	Modalidad : Muestreo por el Cliente	Profundidad : 1.50 m	Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.n
	Metodo de Muestreo : Excavacion Manual	Napa freatica : N.P	Coordenadas UTM: E.475252.00 N.8795608.00
	Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Tipo de Muestra : Patron	

N° DE ENSAYO		M-02-1	M-02-2	M-02-3
SUELO HUMEDO + TARA	g	213.65	215.30	213.45
SUELO SECO + TARA	g	195.45	196.63	195.56
PESO DEL AGUA	g	18.20	18.67	17.89
PESO TARA	g	51.16	51.16	51.16
SUELO SECO	g	144.29	145.47	144.40
% HUMEDAD	%	12.61	12.83	12.39
HUMEDAD PROMEDIO	%	12.61		



Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado para el ensayo de humedad como representativo de la muestra total			
Condicion de la muestra	Muestra alterada	Tamaño maximo partícula % que pasa	9.50 mm
Metodo seleccionado	Metodo A	Masa minima recomendada muestra	

TABLA 1 - Requisitos mínimos para la masa de la muestra de prueba y la legibilidad de la balanza					
Tamaño máximo de partícula (pasa 100%)		Método A Humedad Recomendada ± 1%		Método B Humedad Recomendada ± 0.1%	
Media en, mm	Media en, pulg.	Masa Mínima de Especimen	Legibilidad de Balanza (g)	Masa Mínima de Especimen	Legibilidad de Balanza (g)
75.0 mm	3 pulg.	5 kg	10	50 kg	10
37.5 mm	1 1/2 pulg.	1 kg	10	10 kg	10
19.0 mm	3/4 pulg.	250 g	1	3 kg	1
9.5 mm	3/8 pulg.	50 g	0.1	500 kg	0.1
4.75 mm	N° 4	20 g	0.1	100 kg	0.1
2.00 mm	N° 10	20 g	0.1	20 kg	0.1

Si los datos del contenido de agua se van a utilizar para calcular otras relaciones, como masa húmeda o seca, peso unitario húmedo o seco o densidad total o seca, entonces la masa de la muestra de hasta 200 g debe determinarse utilizando una balanza con una precisión de 0.01 g.

[Signature]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Muamoras
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691



LÍMITES DE ATTERBERG
 (ASTM - 4318-17)

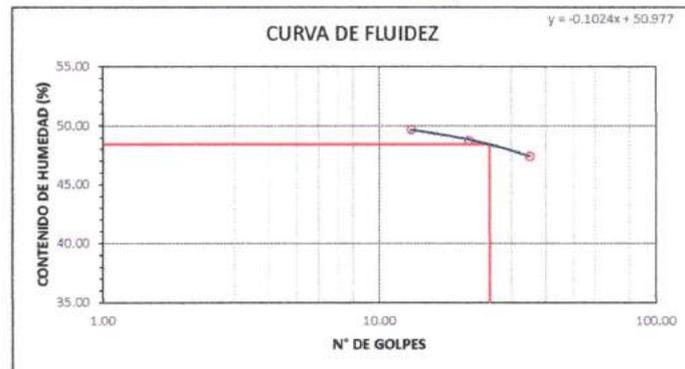
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-02
--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------

TESISTA: BARMES AURELIO HURTADO DIONISIO
 TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN
 ENSAYOS REALIZADOS: LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹
 CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente
 Profundidad : 1.50 m
 Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavacion Manual
 Napa freatica : N.P
 Coordenadas UTM: E.475252.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios
 Tipo de Muestra : Patron
 N.8795608.00

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LIQUIDO (ASTM D - 423)		LÍMITE PLASTICO (ASTM - 424)		
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	46.23	44.76	45.23	25.02	24.54
SUELO SECO + TARA (gr)	37.92	37.04	37.50	24.31	23.93
PESO DEL AGUA (gr)	8.31	7.72	7.73	0.71	0.61
PESO TARA (gr)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	16.72	15.84	16.30	3.11	2.73
% HUMEDAD	49.70	48.74	47.42	22.83	22.57
NUMERO DE GOLPES	13.00	21.00	35.00		



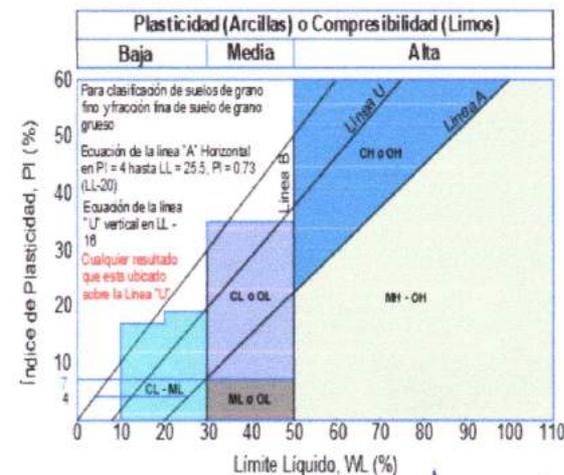
Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17¹)

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	48.42 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _p)	22.70 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	25.72 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	CL
AASHTO (ASTM D3282-15)	A7-5 (14)

Arcilla ligera con arena



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos inorgánicos
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

[Handwritten Signature]
 DANIO OSWALDO VILLARREYNA
 Laboratorio Suelos - Concreto

[Handwritten Signature]
 David Mryhwa Mutamorus
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM - 422)**

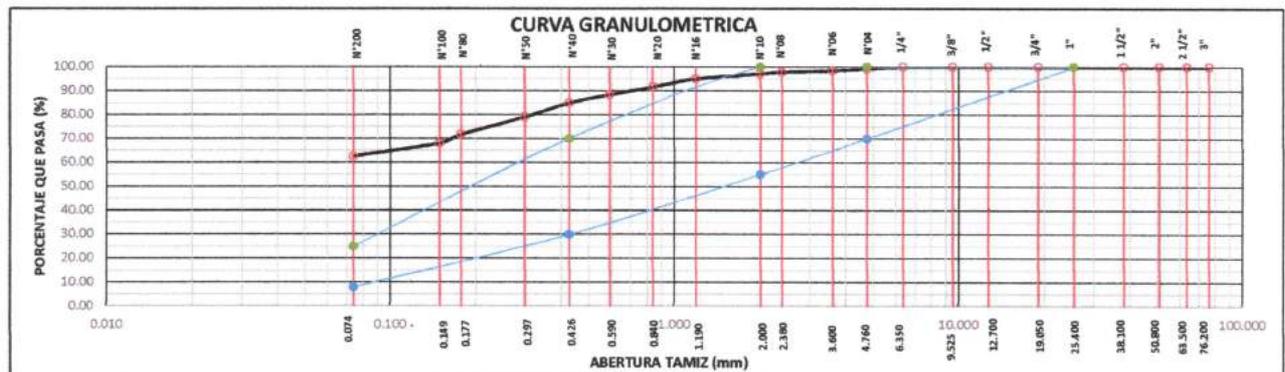
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-02
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN: SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO: PERENÉ
PROVINCIA: CHANCHAMAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
Modalidad: Muestreo por el Cliente Profundidad: 1.50 m Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m.
Metodo de Muestreo: Excavacion Manual Napa freatica: N.P Coordenadas UTM: E.475252.00
Perfil del Suelo Tipo: S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra: Patrón N.8795608.00

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: 12.61 %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 48.42 %
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE PLÁSTICO: 22.70 %
Nº 4	4.760	20.00	0.67	0.67	99.33	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 25.72 %
Nº 6	3.600	25.00	0.83	1.50	98.50	
Nº 8	2.380	20.00	0.67	2.17	97.83	PORCENTAJES
Nº 10	2.000	21.00	0.70	2.87	97.13	GRAVA [Nº 4 < φ < 3"] 0.67 %
Nº 16	1.190	64.00	2.13	5.00	95.00	ARENA [Nº 200 < φ < Nº 4] 36.83 %
Nº 20	0.840	102.00	3.40	8.40	91.60	FINOS [φ < Nº 200] 62.50 %
Nº 30	0.590	98.00	3.27	11.67	88.33	
Nº 40	0.426	103.00	3.43	15.10	84.90	CLASIFICACIÓN:
Nº 50	0.297	177.00	5.90	21.00	79.00	SUCS (ASTM D2487-17) CL
Nº 80	0.177	220.00	7.33	28.33	71.67	AASHTO (ASTM D3282-15) A7-5 (14)
Nº 100	0.149	110.00	3.67	32.00	68.00	Arcilla ligera con arena
Nº 200	0.074	165.00	5.50	37.50	62.50	
-200	-	1875.00	62.50	100.00	-	OBSERVACIONES:
	Peso Inicial	3000	100			



[Firma]
DARIO OSWALDO VILAR PEYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

GEOVICON S.A.C.
 Mucho más que Construcción

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM 1557)**

FECHA TOMA DE	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-02

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

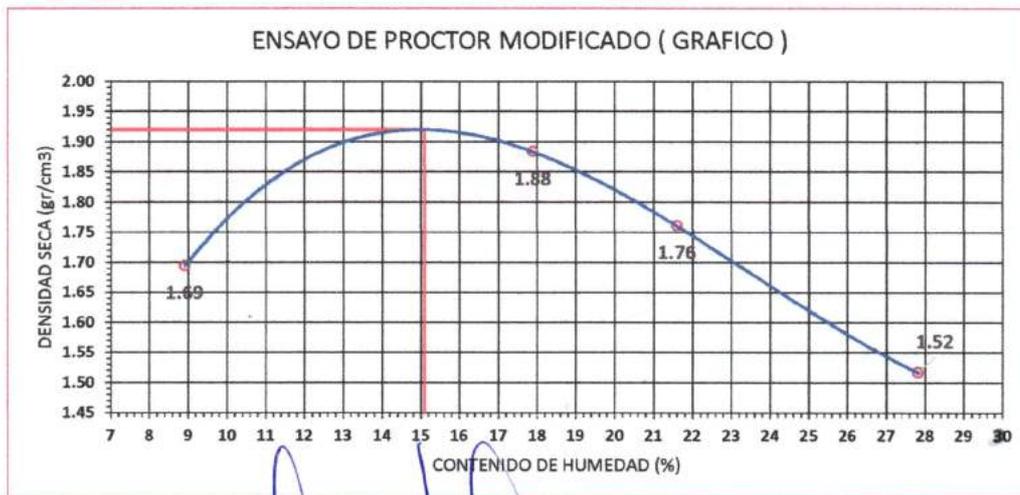
TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freatica : N.P Coordenadas UTM: E.475252.00
 N.8795608.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Patron

PUNTO		1	2	3	4
PESO DEL MOLDE	(g)	6572	6572	6572	6572
VOLUMEN DEL MOLDE	(cm3)	2116	2116	2116	2116
PESO SUELO H. COMPACTADO + MOLDE	(g)	11,270	11,102	10,675	10,476
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	(g)	4,698	4,530	4,103	3,904
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	(g/cm3)	2.220	2.141	1.939	1.845
PESO SUELO HUMEDO + TARA	(g)	565	684.2	580.8	519.4
PESO SUELO SECO + TARA	(g)	479.3	562.7	454.4	476.9
PESO DEL AGUA	(g)	85.8	121.5	126.4	42.5
TARA	(g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO SUELO SECO	(g)	479.3	562.7	454.4	476.9
CONTENIDO DE AGUA	(%)	17.9	21.6	27.8	8.9
PESO VOLUMETRICO SECO	(g/cm3)	1.883	1.761	1.517	1.694

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

Metodo C

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) : 1.92 g/cm3
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.10 %



[Signature]
DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos / Concreto

[Signature]
David Myriam Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. N° 283691

E-mail : geovicon@gmail.com /
 geovicon.sac.consultas@gmail.com

RUC : 20602102115

VALOR SOPORTE RELATIVO

(ASTM - D1883)

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-02
---	---	------------------------------------

TESISTA:

BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

TESIS:

EFFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
PARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:

Modalidad : Muestreo por el Cliente	Profundidad : 1.50 m	Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m
Método de Muestreo : Excavacion Manual	Napa freatica : N.P	Coordenadas UTM: E.475252.00 N.8795608.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Tipo de Muestra : Patrón	

GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

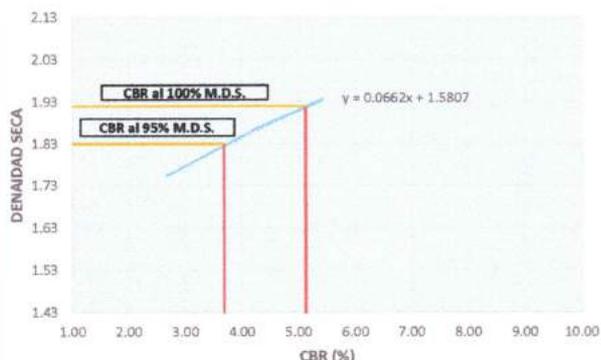
RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Proctor Modificado:	ASTM D1557
Método de Compactación:	Método C
Máxima Densidad Seca (Gr/cm3):	1.92
Óptimo Contenido de Humedad (%):	15.10
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm3):	1.83

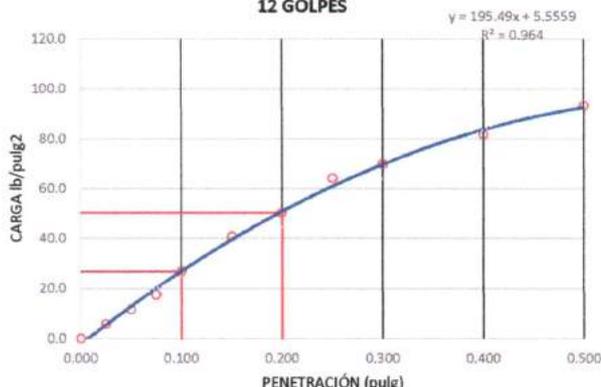
RESULTADOS ENSAYO CBR

CBR AL 100% DE LA MDS	0.1"	5.12
CBR AL 95% DE LA MDS	0.1"	3.68

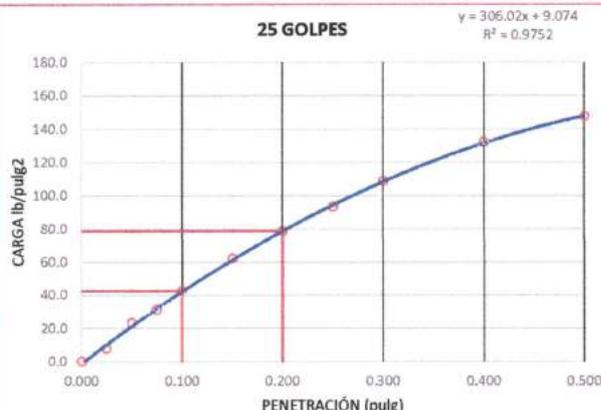
INDICE CBR



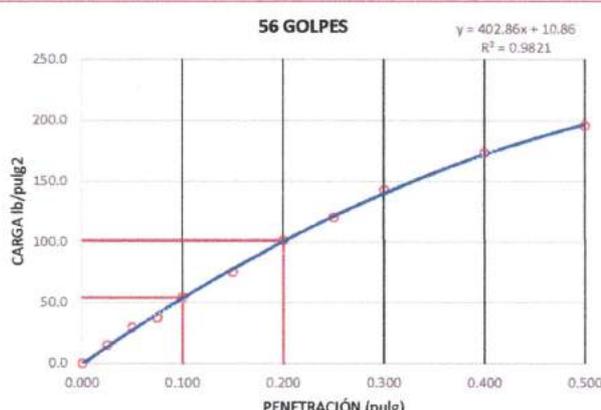
12 GOLPES



25 GOLPES



56 GOLPES



[Signature]
DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691

**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D 2216-19)**

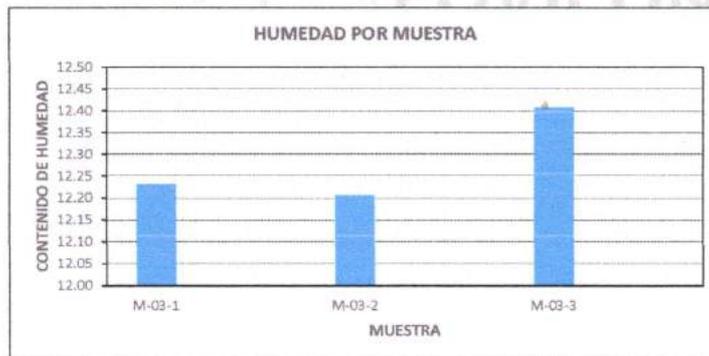
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-03
--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO	TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES
---	--

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL DISTRITO : PERENÉ PROVINCIA : CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	ENSAYOS REALIZADOS: CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19 PRESERVACIÓN DE SUELOS (MUESTRAS) SEGÚN NORMA ASTM D4220-14
--	--

TOMA DE MUESTRAS:	Modalidad : Muestreo por el Cliente	Profundidad : 1.50 m	Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
	Metodo de Muestreo : Excavacion Manual	Napa freatica : N.P	Coordenadas UTM: E.474935.00 N.8796013.00
	Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Tipo de Muestra : Patron	

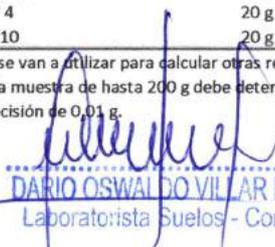
N° DE ENSAYO		M-03-1	M-03-2	M-03-3
SUELO HUMEDO + TARA	g	221.26	220.47	220.38
SUELO SECO + TARA	g	202.72	202.05	201.70
PESO DEL AGUA	g	18.54	18.42	18.68
PESO TARA	g	51.16	51.16	51.16
SUELO SECO	g	151.56	150.89	150.54
% HUMEDAD	%	12.23	12.21	12.41
HUMEDAD PROMEDIO	%	12.28		

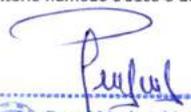


Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado para el ensayo de humedad como representativo de la muestra total			
Condicion de la muestra	Muestra alterada	Tamaño maximo partícula % que pasa	9.50 mm
Metodo seleccionado	Metodo A	Masa minima recomendada muestra	

TABLA 1 - Requisitos mínimos para la masa de la muestra de prueba y la legibilidad de la balanza					
Tamaño máximo de partícula (pasa 100%)		Método A Humedad Recomendada ± 1%		Método B Humedad Recomendada ± 0.1%	
Media en, mm	Media en, pulg.	Masa Mínima de Especimen	Legibilidad de Balanza (g)	Masa Mínima de Especimen	Legibilidad de Balanza (g)
75.0 mm	3 pulg.	5 kg	10	50 kg	10
37.5 mm	1 1/2 pulg.	1 kg	10	10 kg	10
19.0 mm	3/4 pulg.	250 g	1	3 kg	1
9.5 mm	3/8 pulg.	50 g	0.1	500 kg	0.1
4.75 mm	N° 4	20 g	0.1	100 kg	0.1
2.00 mm	N° 10	20 g	0.1	20 kg	0.1

Si los datos del contenido de agua se van a utilizar para calcular otras relaciones, como masa húmeda o seca, peso unitario húmedo o seco o densidad total o seca, entonces la masa de la muestra de hasta 200 g debe determinarse utilizando una balanza con una precisión de 0.01 g.


DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto


David Maylma Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691



**LÍMITES DE ATTERBERG
 (ASTM - 4318-17)**

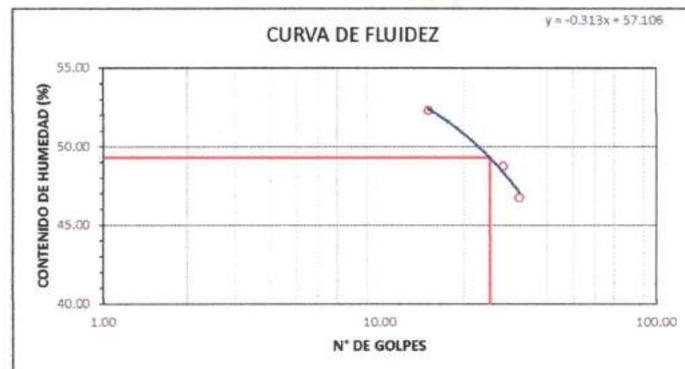
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-03

TESISTA: BARMES AURELIO HURTADO DIONISIO
 TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN
 ENSAYOS REALIZADOS: LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹
 CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente
 Profundidad : 1.50 m
 Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavación Manual
 Napa freatica : N.P
 Coordenadas UTM: E.474935.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios
 Tipo de Muestra : Patron
 N.8796013.00

LIMITES DE CONSISTENCIA	LIMITE LIQUIDO (ASTM D - 423)		LIMITE PLASTICO (ASTM - 424)		
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	45.57	47.01	45.05	30.12	28.94
SUELO SECO + TARA (gr)	37.20	38.55	37.45	28.48	27.51
PESO DEL AGUA (gr)	8.37	8.46	7.60	1.65	1.43
PESO TARA (gr)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	16.00	17.35	16.25	7.28	6.31
% HUMEDAD	52.31	48.76	46.77	22.61	22.66
NUMERO DE GOLPES	15.00	28.00	32.00		

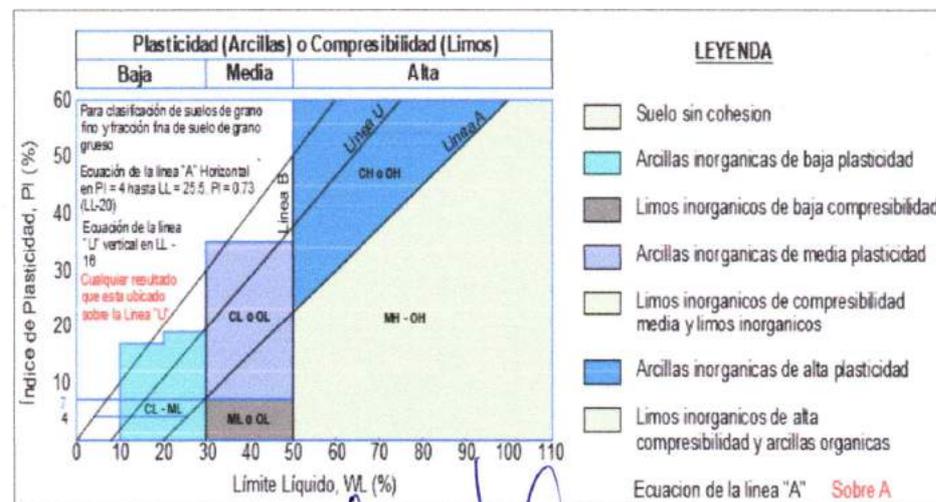


Resultados Limites de Atterberg (ASTM D4318-17¹)

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	49.28 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _p)	22.64 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	26.64 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	CL
AASHTO (ASTM D3282-15)	A7-5 (16)
Arcilla ligera con arena	



Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

[Signature]
DARÍO OSWALDO VILLARREYNA
 Laborantista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhúa Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (ASTM - 422)

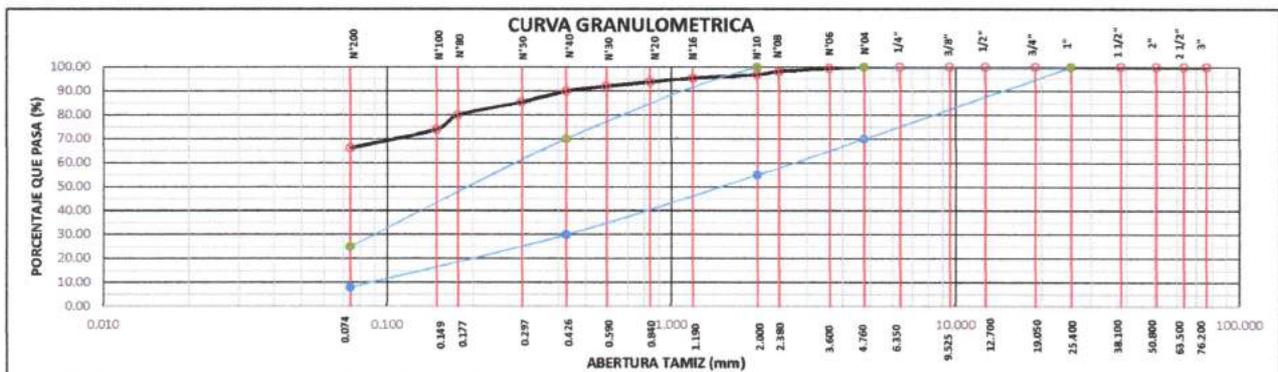
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-03
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
 TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN
 ENSAYOS REALIZADOS: ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18
 CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavación Manual Napa freática : N.P Coordenadas UTM: E.474935.00
 N.8796013.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Patrón

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: 12.28 %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 49.28 %
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE PLÁSTICO: 22.64 %
Nº 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 26.64 %
Nº 6	3.600	15.00	0.50	0.50	99.50	
Nº 8	2.380	38.00	1.27	1.77	98.23	PORCENTAJES
Nº 10	2.000	41.00	1.37	3.13	96.87	GRAVA [Nº 4 < φ < 3"] 0.00 %
Nº 16	1.190	45.00	1.50	4.63	95.37	ARENA [Nº 200 < φ < Nº 4] 33.90 %
Nº 20	0.840	46.00	1.53	6.17	93.83	FINOS [φ < Nº 200] 66.10 %
Nº 30	0.590	55.00	1.83	8.00	92.00	
Nº 40	0.426	63.00	2.10	10.10	89.90	CLASIFICACIÓN:
Nº 50	0.297	135.00	4.50	14.60	85.40	SUCS (ASTM D2487-17) CL
Nº 80	0.177	164.00	5.47	20.07	79.93	AASHTO (ASTM D3282-15) A7-5 (16) Arcilla ligera con arena
Nº 100	0.149	180.00	6.00	26.07	73.93	
Nº 200	0.074	235.00	7.83	33.90	66.10	OBSERVACIONES:
-200	-	1983.00	66.10	100.00	-	
	Peso Inicial	3000	100			



[Signature]
DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM 1557)**

FECHA TOMA DE 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-03
------------------------------------	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO	TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES
--	---

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL DISTRITO : PERENÉ PROVINCIA : CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10
---	--

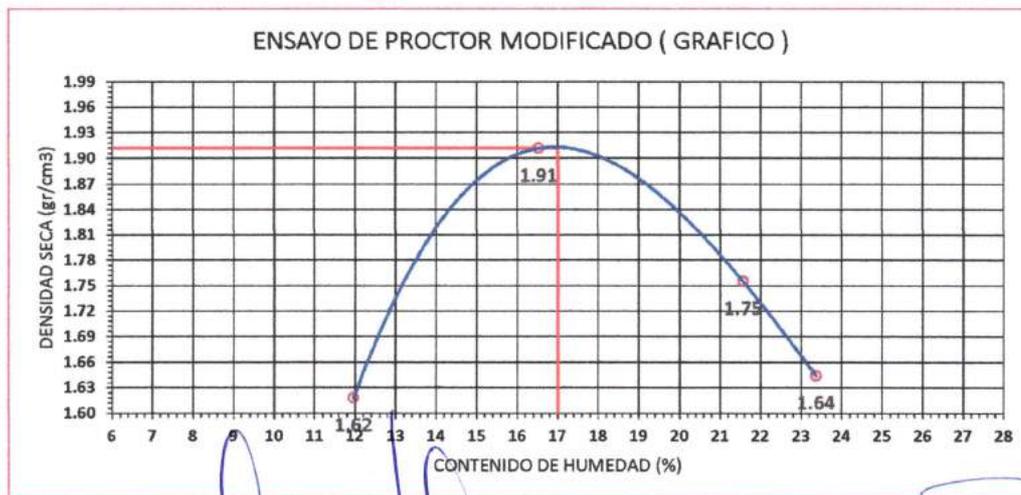
TOMA DE MUESTRAS: Modalidad : Muestreo por el Cliente Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Profundidad : 1.50 m Napa freatica : N.P Tipo de Muestra : Patron	Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m Coordenadas UTM: E.474935.00 N.8796013.00
---	---	---

PUNTO	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE (g)	6572	6572	6572	6572
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2116	2116	2116	2116
PESO SUELO H. COMPACTADO + MOLDE (g)	11,286	11,086	10,864	10,405
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (g)	4,714	4,514	4,292	3,833
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (g/cm3)	2.228	2.133	2.028	1.811
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	558.2	680.8	551.71	532.7
PESO SUELO SECO + TARA (g)	479.0	560.0	447.2	475.8
PESO DEL AGUA (g)	79.2	120.8	104.5	56.9
TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO SUELO SECO (g)	479.0	560.0	447.2	475.8
CONTENIDO DE AGUA (%)	16.5	21.6	23.4	12.0
PESO VOLUMETRICO SECO (g/cm3)	1.912	1.755	1.644	1.618

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

Metodo C

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) : 1.912 g/cm3
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.00 %



Dario Oswaldo Villar Reyna
 DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

David Mishva Matamoros
 David Mishva Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691

E-mail : geovicon@gmail.com /
 geovicon.sac.consultas@gmail.com

RUC : 20602102115



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

VALOR SOPORTE RELATIVO

(ASTM - D1883)

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-03
---	---	------------------------------------

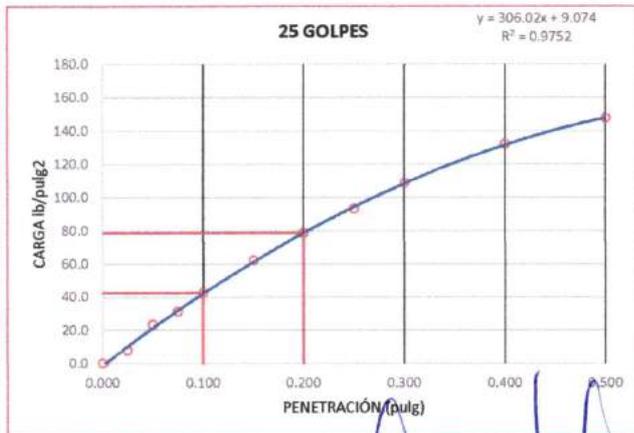
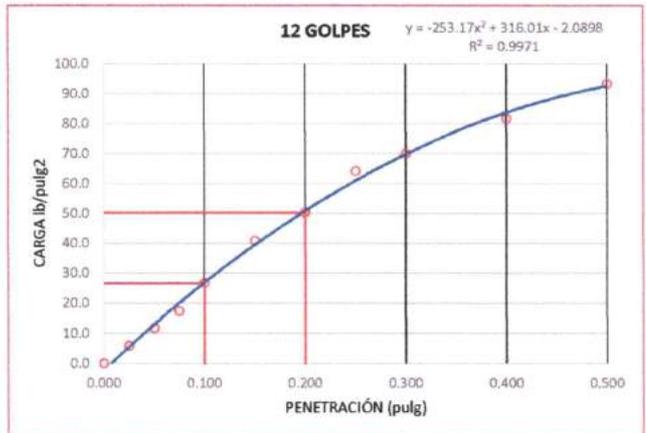
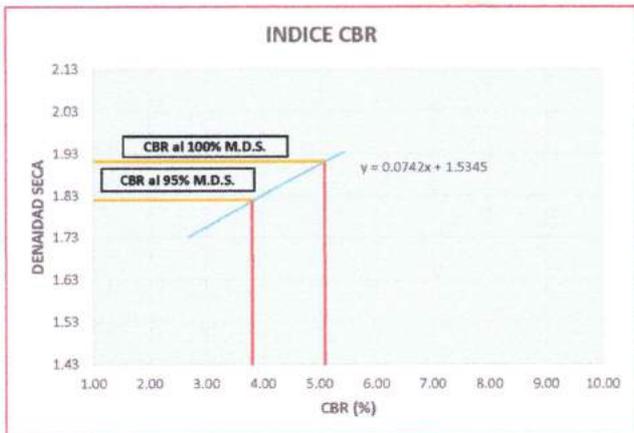
TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 :PARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavación Manual Napa freatica : N.P Coordenadas UTM: E.474935.00 N.8796013.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Patrón

GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN	RESULTADOS ENSAYO CBR
Proctor Modificado: ASTM D1557 Método de Compactación: Método C Máxima Densidad Seca (Gr/cm ³): 1.912 Óptimo Contenido de Humedad (%): 17.00 95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm ³): 1.82	CBR AL 100% DE LA MDS 0.1" 5.09 CBR AL 95% DE LA MDS 0.1" 3.80



[Firma]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



LÍMITES DE ATTERBERG
 (ASTM - 4318-17)

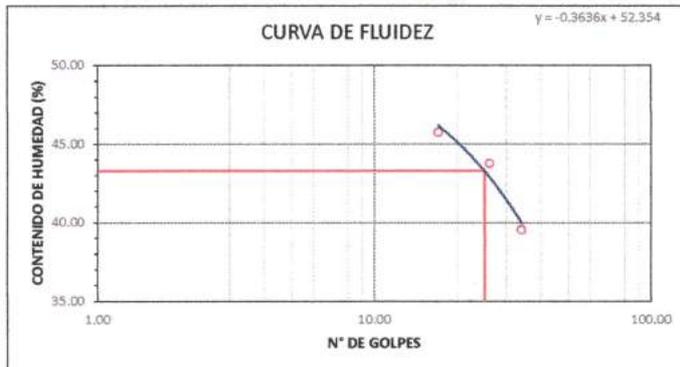
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-01

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
 TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN: SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO: PERENÉ
 PROVINCIA: CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN
 ENSAYOS REALIZADOS: LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹
 CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad: Muestreo por el Cliente
 Profundidad: 1.50 m
 Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo: Excavación Manual
 Napa freatica: N.P
 Coordenadas UTM: E.475367.00
 N.8795358.00
 Perfil del Suelo Tipo: S2, Suelos Intermedios
 Tipo de Muestra: Adición del 5% CGN

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LIQUIDO (ASTM D - 423)	LÍMITE PLASTICO (ASTM - 424)			
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	44.23	45.47	41.85	27.34	26.97
SUELO SECO + TARA (gr)	37.00	38.08	36.00	26.09	26.12
PESO DEL AGUA (gr)	7.23	7.39	5.85	1.25	0.85
PESO TARA (gr)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	15.80	16.88	14.80	4.89	4.92
% HUMEDAD	45.76	43.78	39.53	25.56	17.28
NUMERO DE GOLPES	17.00	26.00	34.00		



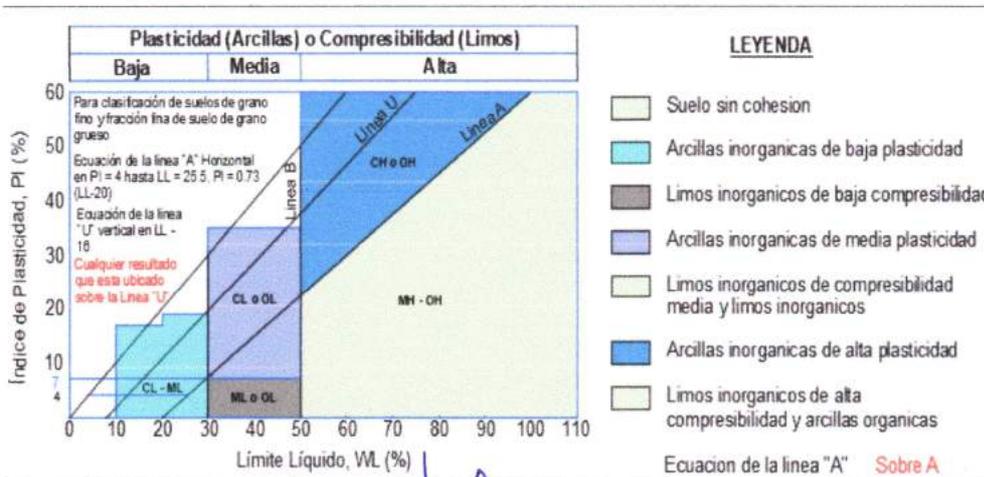
Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17¹)

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	43.26 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _p)	21.42 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	21.84 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	CL
AASHTO (ASTM D3282-15)	A7-5 (11)

Arcilla ligera con arena



Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4-21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

[Signature]
 DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorio Suelos - Concreto

[Signature]
 David Mayhua Mutamoras
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (ASTM - 422)**

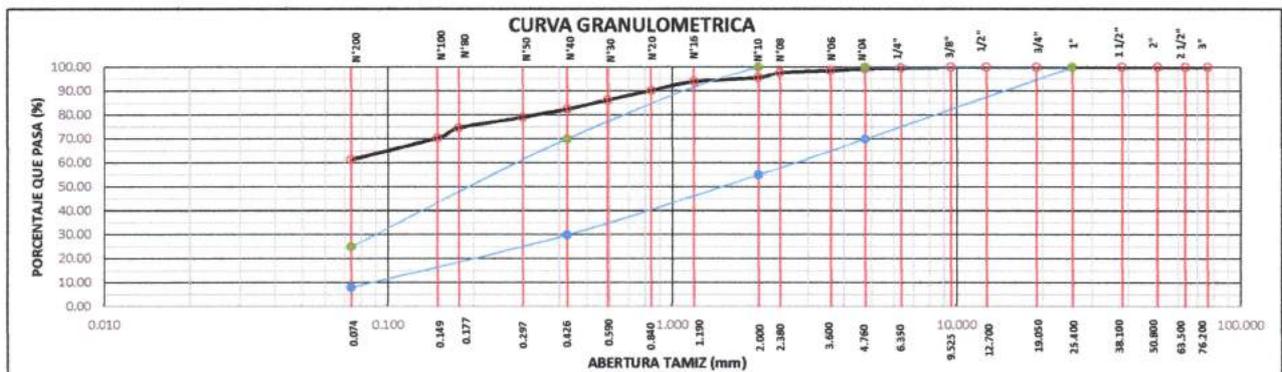
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-01
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18
 CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freatica : N.P Coordenadas UTM: E.475367.00
 N.8795358.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Adición del 5% CGN

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: ----- %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 43.26 %
1/4"	6.350	10.00	0.33	0.33	99.67	LÍMITE PLÁSTICO: 21.42 %
Nº 4	4.760	8.00	0.27	0.60	99.40	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 21.84 %
Nº 6	3.600	24.00	0.80	1.40	98.60	
Nº 8	2.380	28.00	0.93	2.33	97.67	PORCENTAJES
Nº 10	2.000	60.00	2.00	4.33	95.67	GRAVA [Nº 4 < φ < 3"] 0.60 %
Nº 16	1.190	52.00	1.73	6.07	93.93	ARENA [Nº 200 < φ < Nº 4] 38.10 %
Nº 20	0.840	111.00	3.70	9.77	90.23	FINOS [φ < Nº 200] 61.30 %
Nº 30	0.590	120.00	4.00	13.77	86.23	
Nº 40	0.426	113.00	3.77	17.53	82.47	CLASIFICACIÓN:
Nº 50	0.297	103.00	3.43	20.97	79.03	SUCS (ASTM D2487-17) CL
Nº 80	0.177	134.00	4.47	25.43	74.57	AASHTO (ASTM D3282-15) A7-5 (11) Arcilla ligera con arena
Nº 100	0.149	127.00	4.23	29.67	70.33	
Nº 200	0.074	271.00	9.03	38.70	61.30	OBSERVACIONES:
-200	-	1839.00	61.30	100.00	-	
	Peso Inicial	3000	100			



[Signature]
DARIO GOWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorio Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM 1557)**

FECHA TOMA DE	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-01

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO	TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES
--	---

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL DISTRITO : PERENÉ PROVINCIA : CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10
---	--

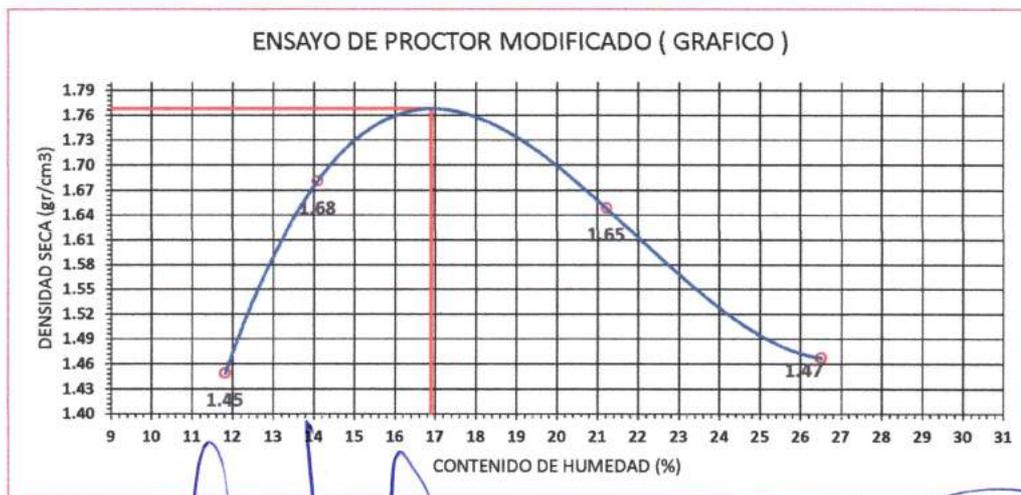
TOMA DE MUESTRAS: Modalidad : Muestreo por el Cliente Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Profundidad : 1.50 m Napa freatica : N.P Tipo de Muestra : Adición del 5% CGN	Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m Coordenadas UTM: E.8790438.62 N.475299.18
---	---	---

PUNTO	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE (g)	6572	6572	6572	6572
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2116	2116	2116	2116
PESO SUELO H. COMPACTADO + MOLDE (g)	10,630	10,800	10,500	10,000
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (g)	4,058	4,228	3,928	3,428
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (g/cm3)	1.918	1.998	1.856	1.620
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	546.5	680	568	530
PESO SUELO SECO + TARA (g)	479.0	561.0	449.0	474.0
PESO DEL AGUA (g)	67.5	119.0	119.0	56.0
TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO SUELO SECO (g)	479.0	561.0	449.0	474.0
CONTENIDO DE AGUA (%)	14.1	21.2	26.5	11.8
PESO VOLUMETRICO SECO (g/cm3)	1.681	1.648	1.467	1.449

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

Metodo C

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) : 1.768 g/cm3
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.90 %



Dario Oswaldo Villagrevina
 DARIO OSWALDO VILLAGREVINA
 Laboratorio Suelos - Concreto

David Mayhua Mutumorus
 David Mayhua Mutumorus
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691

E-mail : geovicon@gmail.com /
 geovicon.sac.consultas@gmail.com

RUC : 20602102115

VALOR SOPORTE RELATIVO

(ASTM - D1883)

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-01
---	---	------------------------------------

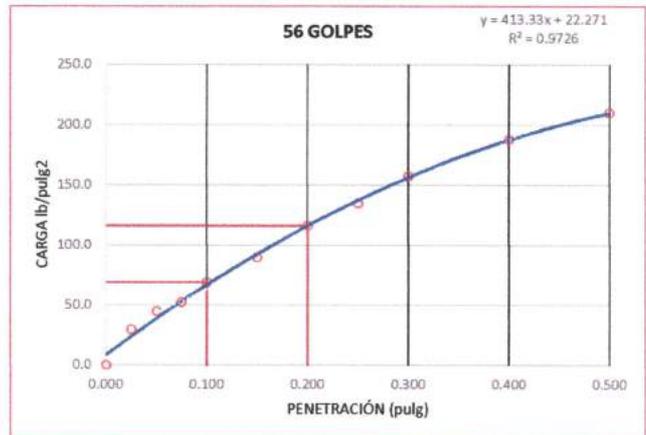
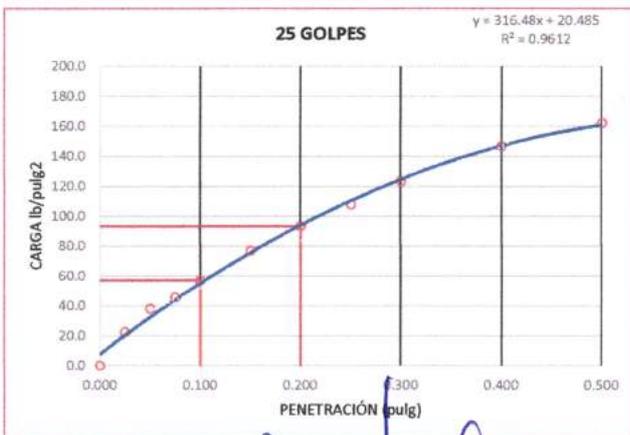
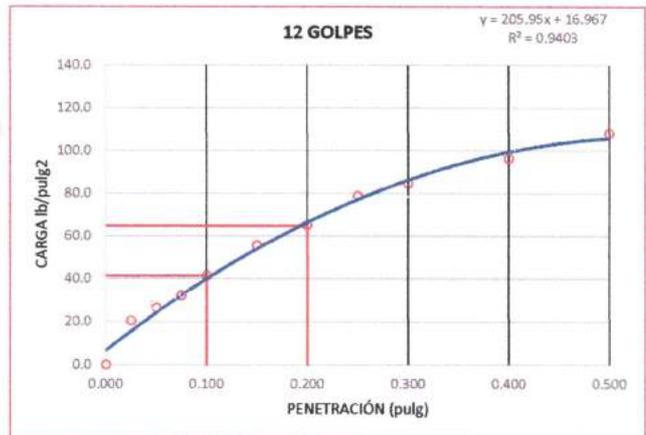
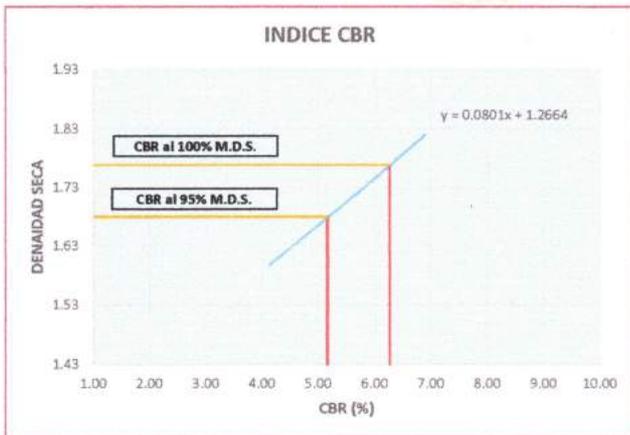
TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freatica : N.P Coordenadas UTM: E.475367.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Adición del 5% CGN N.8795358.00

GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN	RESULTADOS ENSAYO CBR
Proctor Modificado: ASTM D1557 Método de Compactación: Método C Máxima Densidad Seca (Gr/cm3): 1.768 Óptimo Contenido de Humedad (%): 16.90 95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm3): 1.680	CBR AL 100% DE LA MDS 0.1" 6.26 CBR AL 95% DE LA MDS 0.1" 5.16



[Firma]
DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



LÍMITES DE ATTERBERG
 (ASTM - 4318-17)

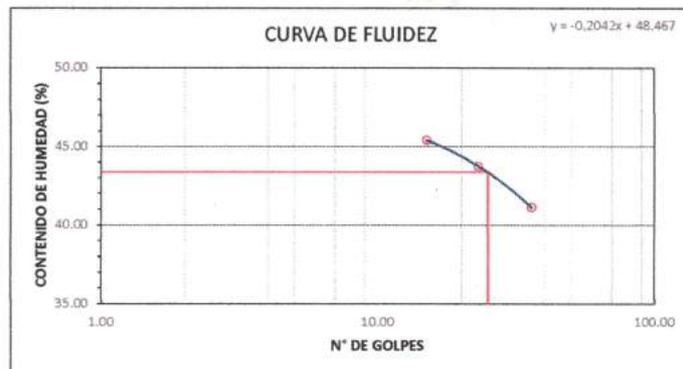
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-02

TESISTA: BARMES AURELIO HURTADO DIONISIO TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN: SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO: PERENÉ
 PROVINCIA: CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN
 ENSAYOS REALIZADOS: LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹
 CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad: Muestreo por el Cliente Profundidad: 1.50 m Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo: Excavación Manual Napa freatica: N.P Coordenadas UTM: E.475252.00
 Perfil del Suelo Tipo: S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra: Adición del 5% CGN N.8795608.00

LIMITES DE CONSISTENCIA	LIMITE LIQUIDO (ASTM D - 423)	LIMITE PLASTICO (ASTM - 424)
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	47.23	46.32
SUELO SECO + TARA (gr)	39.10	39.00
PESO DEL AGUA (gr)	8.13	7.32
PESO TARA (gr)	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	17.90	17.80
% HUMEDAD	45.42	41.12
NUMERO DE GOLPES	15.00	36.00



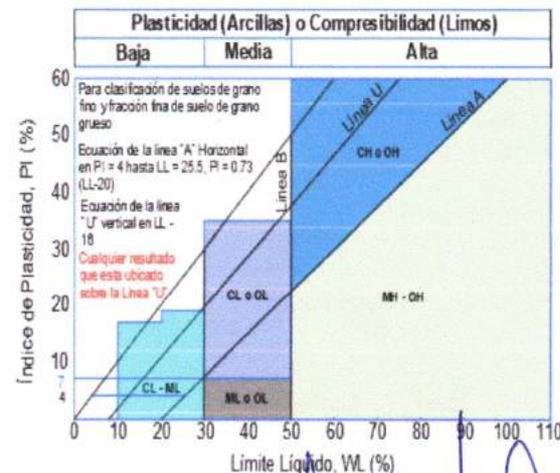
Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17¹)

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	43.36 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _p)	21.73 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	21.63 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	CL
AASHTO (ASTM D3282-15)	A7-5 (10)

Arcilla ligera con arena



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos inorgánicos
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" **Sobre A**

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

[Signature]
DARIO OSWALDO VILLARREYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 103691

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM - 422)**

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-02
---	---	------------------------------------

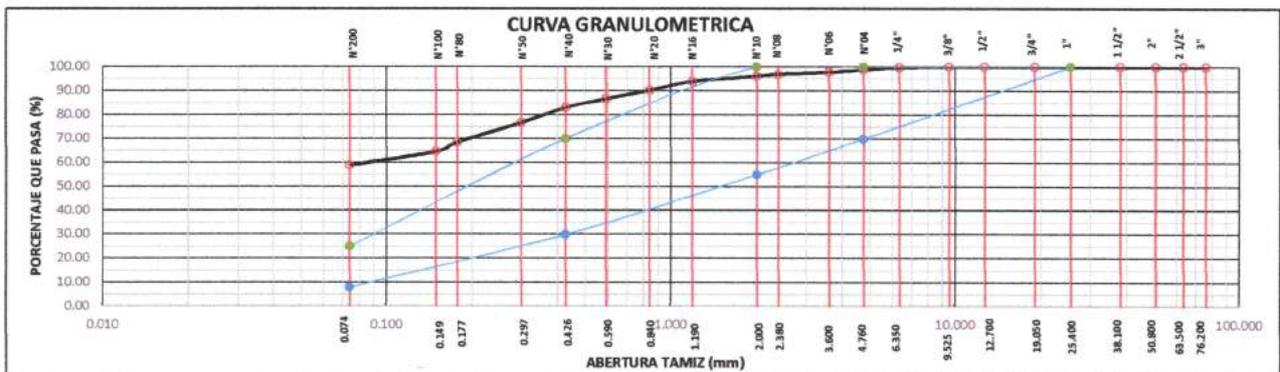
TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:
ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m
Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freatica : N.P Coordenadas UTM: E.475252.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Adición del 5% CGN N.8795608.00

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: ----- %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 43.36 %
1/4"	6.350	7.00	0.23	0.23	99.77	LÍMITE PLÁSTICO: 21.73 %
Nº 4	4.760	27.00	0.90	1.13	98.87	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 21.63 %
Nº 6	3.600	33.00	1.10	2.23	97.77	
Nº 8	2.380	26.00	0.87	3.10	96.90	PORCENTAJES
Nº 10	2.000	24.00	0.80	3.90	96.10	GRAVA [Nº 4 < Ø < 3"] 1.13 %
Nº 16	1.190	67.00	2.23	6.13	93.87	ARENA [Nº 200 < Ø < Nº 4] 40.07 %
Nº 20	0.840	110.00	3.67	9.80	90.20	FINOS [Ø < Nº 200] 58.80 %
Nº 30	0.590	106.00	3.53	13.33	86.67	
Nº 40	0.426	111.00	3.70	17.03	82.97	CLASIFICACIÓN:
Nº 50	0.297	189.00	6.30	23.33	76.67	SUCS (ASTM D2487-17) CL Arcilla ligera con arena
Nº 80	0.177	247.00	8.23	31.57	68.43	AASHTO (ASTM D3282-15) A7-5 (10)
Nº 100	0.149	117.00	3.90	35.47	64.53	
Nº 200	0.074	172.00	5.73	41.20	58.80	OBSERVACIONES:
-200	-	1764.00	58.80	100.00	-	
	Peso Inicial	3000	100			



DARÍO OSWALDO VILLAN REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

David Mayhua Mutamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183591



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM 1557)**

FECHA TOMA DE 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-02
------------------------------------	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO	TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES
--	---

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL DISTRITO : PERENÉ PROVINCIA : CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10
---	--

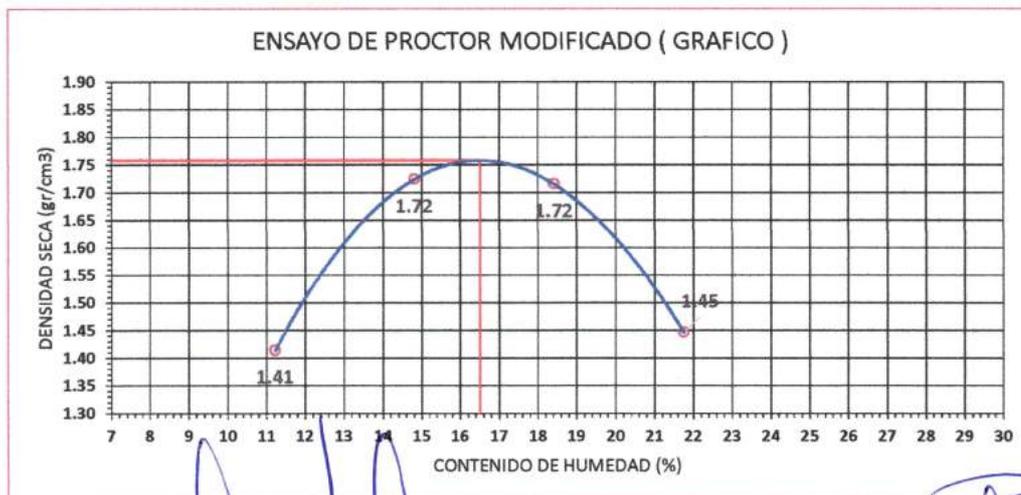
TOMA DE MUESTRAS: Modalidad : Muestreo por el Cliente Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Profundidad : 1.50 m Napa freatica : N.P Tipo de Muestra : Adición del 5% CGN	Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m Coordenadas UTM: E.475252.00 N.8795608.00
---	---	---

PUNTO	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE (g)	6572	6572	6572	6572
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2116	2116	2116	2116
PESO SUELO H. COMPACTADO + MOLDE (g)	10,760	10,870	10,300	9,900
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (g)	4,188	4,298	3,728	3,328
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (g/cm ³)	1.979	2.031	1.762	1.573
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	550.2	666.3	553.2	530.4
PESO SUELO SECO + TARA (g)	479.3	562.7	454.4	476.9
PESO DEL AGUA (g)	71.0	103.6	98.8	53.5
TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO SUELO SECO (g)	479.3	562.7	454.4	476.9
CONTENIDO DE AGUA (%)	14.8	18.4	21.7	11.2
PESO VOLUMETRICO SECO (g/cm ³)	1.724	1.715	1.447	1.414

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

Metodo C

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.758 g/cm³
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.50 %



[Signature]
DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhiva Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691

E-mail : geovicon@gmail.com /
 geovicon.sac.consultas@gmail.com

RUC : 20602102115

VALOR SOPORTE RELATIVO

(ASTM - D1883)

FECHA TOMA DE MUESTRAS

15/06/2021

FECHA INICIO DE ENSAYO

17/06/2021

MUESTRA O ACTIVIDAD

M-02

TESISTA:

BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

TESIS:

EFFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
PARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:

Modalidad : Muestreo por el Cliente

Profundidad : 1.50 m

Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m

Método de Muestreo : Excavacion Manual

Napa freatica : N.P

Coordenadas UTM: E.475252.00

Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios

Tipo de Muestra : Adición del 5% CGN

N.8795608.00

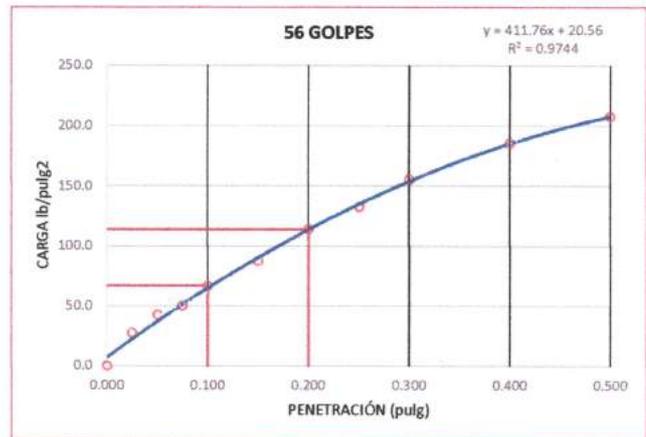
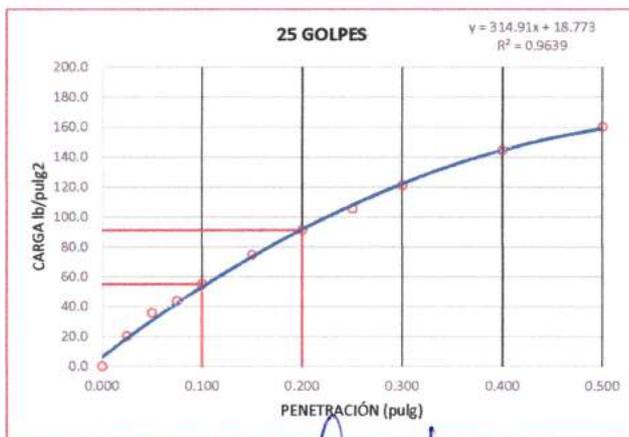
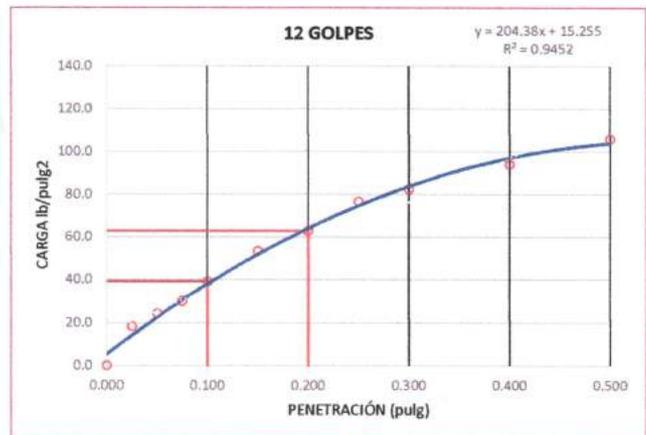
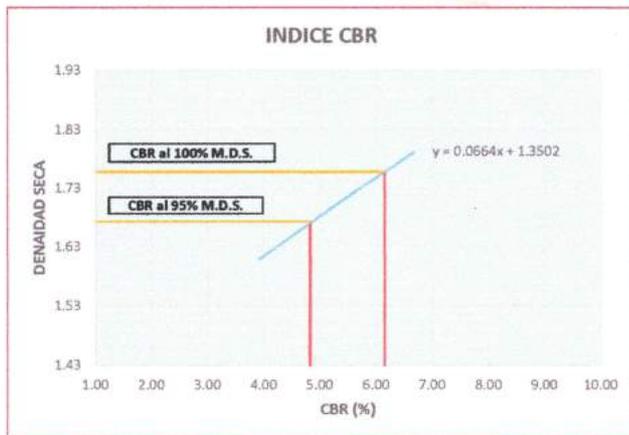
GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Proctor Modificado: ASTM D1557
Método de Compactación: Método C
Máxima Densidad Seca (Gr/cm3): 1.758
Óptimo Contenido de Humedad (%): 16.50
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm3): 1.673

RESULTADOS ENSAYO CBR

CBR AL 100% DE LA MDS 0.1" **6.15**
CBR AL 95% DE LA MDS 0.1" **4.82**



[Firma]
DARIO OSWALDO WILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhuen Mastanoras
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183521



**LÍMITES DE ATTERBERG
 (ASTM - 4318-17)**

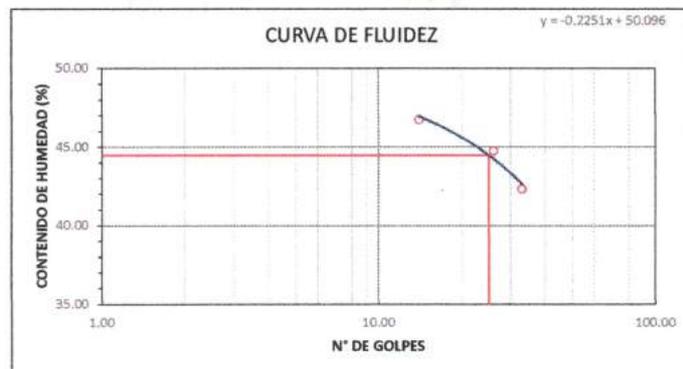
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-03

TESISTA: BARMES AURELIO HURTADO DIONISIO
 TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN
 ENSAYOS REALIZADOS: LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹
 CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente
 Profundidad : 1.50 m
 Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavacion Manual
 Napa freatica : N.P
 Coordenadas UTM: E.474935.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios
 Tipo de Muestra : Adición del 5% CGN
 N.8796013.00

LIMITES DE CONSISTENCIA	LIMITE LIQUIDO (ASTM D - 423)		LIMITE PLASTICO (ASTM - 424)		
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	49.23	48.56	47.96	35.23	33.47
SUELO SECO + TARA (gr)	40.30	40.10	40.00	32.70	31.30
PESO DEL AGUA (gr)	8.93	8.46	7.96	2.53	2.17
PESO TARA (gr)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	19.10	18.90	18.80	11.50	10.10
% HUMEDAD	46.75	44.76	42.34	22.00	21.49
NUMERO DE GOLPES	14.00	26.00	33.00		



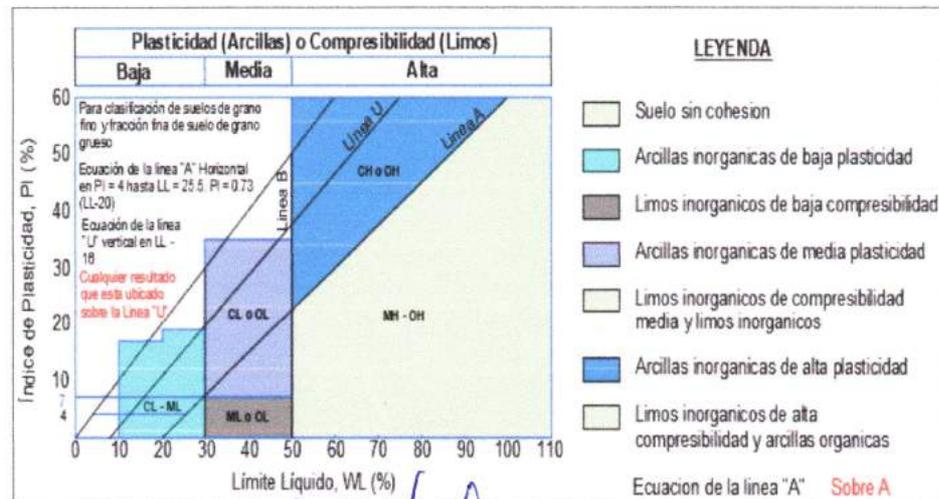
Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17¹)

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	44.47 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _P)	21.74 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	22.73 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	CL
AASHTO (ASTM D3282-15)	A7-5 (12)

Arcilla ligera con arena



Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

[Signature]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (ASTM - 422)**

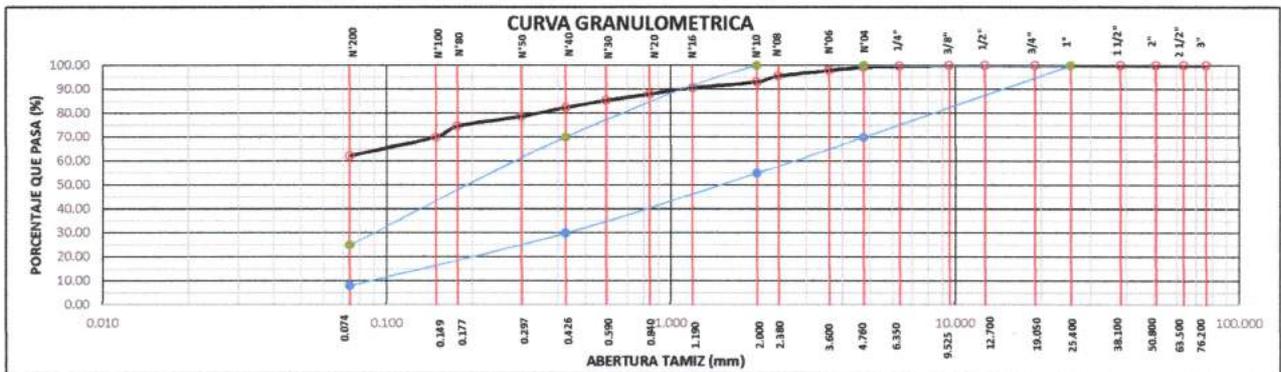
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-03
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18
 CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM: E.474935.00
 N.8796013.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Adición del 5% CGN

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: ----- %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 44.47 %
1/4"	6.350	8.00	0.27	0.27	99.73	LÍMITE PLÁSTICO: 21.74 %
Nº 4	4.760	12.00	0.40	0.67	99.33	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 22.73 %
Nº 6	3.600	41.00	1.37	2.03	97.97	
Nº 8	2.380	72.00	2.40	4.43	95.57	PORCENTAJES
Nº 10	2.000	74.00	2.47	6.90	93.10	GRAVA [Nº 4 < φ < 3"] 0.67 %
Nº 16	1.190	77.00	2.57	9.47	90.53	ARENA [Nº 200 < φ < Nº 4] 37.17 %
Nº 20	0.840	76.00	2.53	12.00	88.00	FINOS [φ < Nº 200] 62.17 %
Nº 30	0.590	81.00	2.70	14.70	85.30	
Nº 40	0.426	90.00	3.00	17.70	82.30	CLASIFICACIÓN:
Nº 50	0.297	109.00	3.63	21.33	78.67	SUCS (ASTM D2487-17) CL A7-5 (12)
Nº 80	0.177	125.00	4.17	25.50	74.50	AASHTO (ASTM D3282-15) Arcilla ligera con arena
Nº 100	0.149	135.00	4.50	30.00	70.00	
Nº 200	0.074	235.00	7.83	37.83	62.17	OBSERVACIONES:
-200	-	1865.00	62.17	100.00	-	
	Peso Inicial	3000	100			



[Firma]
DARÍO OSWALDO WILLAR REYNA
 Laboratorio Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM 1557)**

FECHA TOMA DE	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-03

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO	TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES
--	---

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL DISTRITO : PERENÉ PROVINCIA : CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10
---	--

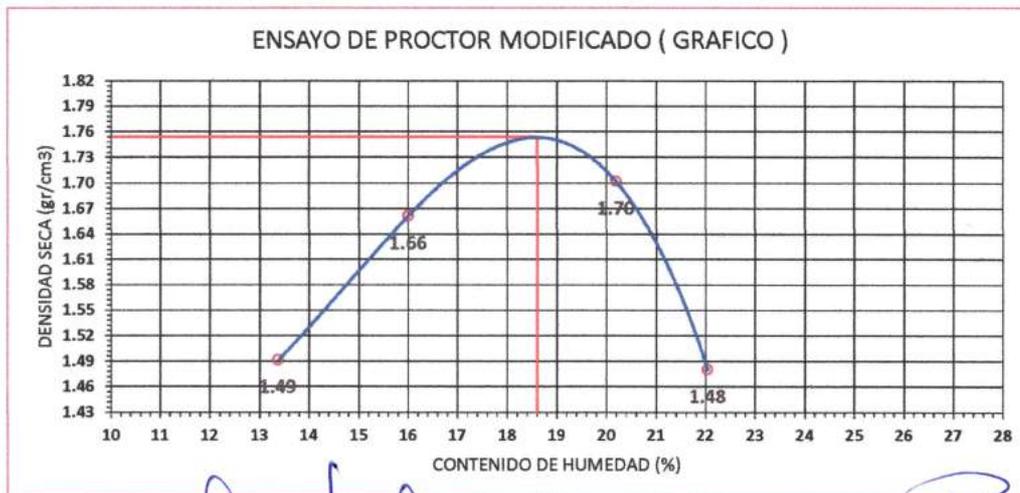
TOMA DE MUESTRAS: Modalidad : Muestreo por el Cliente Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Profundidad : 1.50 m Napa freatica : N.P Tipo de Muestra : Adición del 5% CGN	Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m Coordenadas UTM: E.474935.00 N.8796013.00
---	---	---

PUNTO	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE (g)	6572	6572	6572	6572
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2116	2116	2116	2116
PESO SUELO H. COMPACTADO + MOLDE (g)	10,650	10,900	10,395	10,150
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (g)	4,078	4,328	3,823	3,578
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (g/cm3)	1.927	2.045	1.807	1.691
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	555.4	673.2	545.7	540
PESO SUELO SECO + TARA (g)	478.8	560.1	447.2	476.3
PESO DEL AGUA (g)	76.6	113.1	98.6	63.7
TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO SUELO SECO (g)	478.8	560.1	447.2	476.3
CONTENIDO DE AGUA (%)	16.0	20.2	22.0	13.4
PESO VOLUMETRICO SECO (g/cm3)	1.661	1.702	1.480	1.491

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

Metodo C

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) : 1.754 g/cm3
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 18.60 %



[Signature]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691

E-mail : geovicon@gmail.com/
 geovicon.sac.consultas@gmail.com

RUC : 20602102115

VALOR SOPORTE RELATIVO

(ASTM - D1883)

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-03
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
PARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:
Modalidad : Muestreo por el Cliente
Profundidad : 1.50 m
Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
Metodo de Muestreo : Excavación Manual
Napa freatica : N.P
Coordenadas UTM: E.474935.00
N.8796013.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios
Tipo de Muestra : Adición del 5% CGN

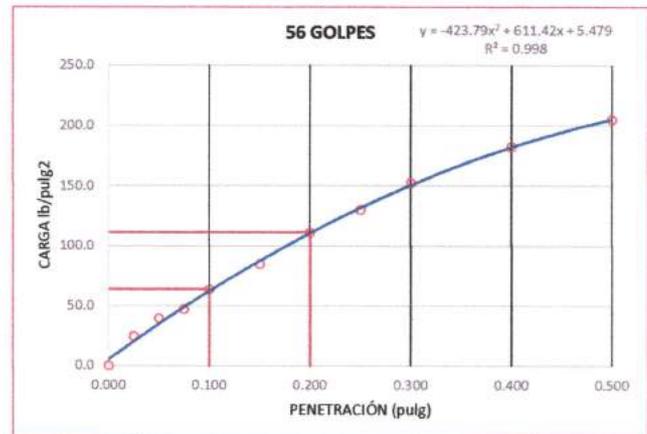
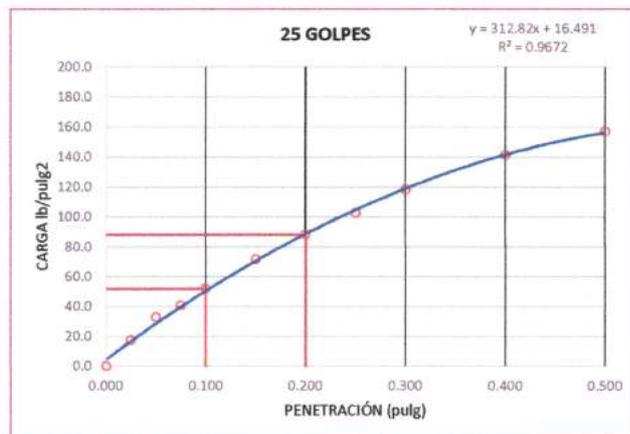
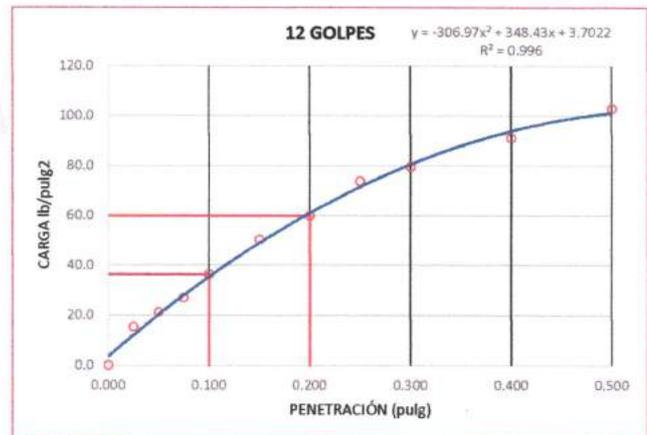
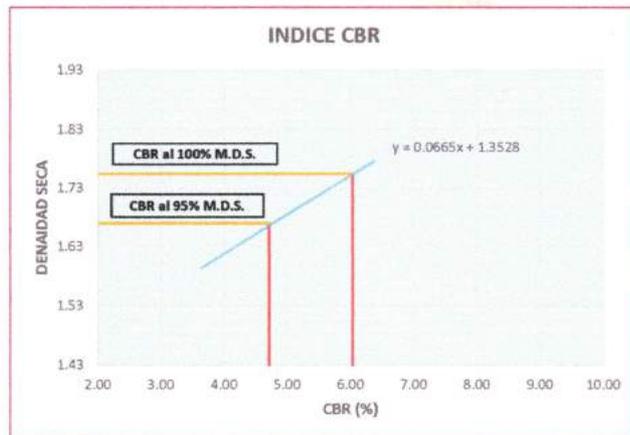
GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Proctor Modificado:	ASTM D1557
Método de Compactación:	Método C
Máxima Densidad Seca (Gr/cm ³):	1.754
Óptimo Contenido de Humedad (%):	18.60
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm ³):	1.67

RESULTADOS ENSAYO CBR

CBR AL 100% DE LA MDS	0.1"	6.03
CBR AL 95% DE LA MDS	0.1"	4.71



[Firma]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayheta Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 383691



**LÍMITES DE ATTERBERG
 (ASTM - 4318-17)**

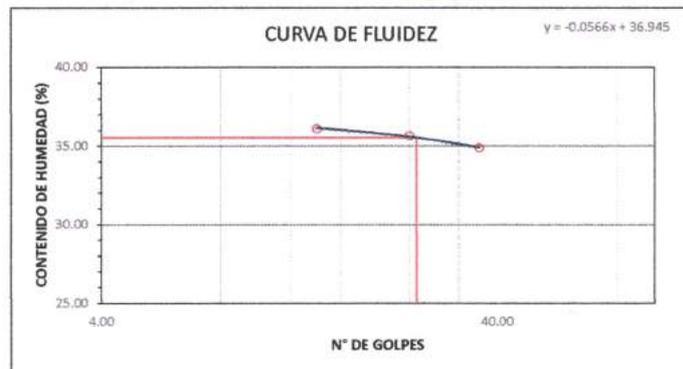
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-01

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN: SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO: PERENÉ
 PROVINCIA: CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹
 CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad: Muestreo por el Cliente
 Profundidad: 1.50 m
 Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo: Excavación Manual
 Napa freatica: N.P
 Coordenadas UTM: E.475367.00
 N.8795358.00
 Perfil del Suelo Tipo: S2, Suelos Intermedios
 Tipo de Muestra: Adición del 10% CGN

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D - 423)		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM - 424)		
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	45.70	48.40	47.50	25.40	26.80
SUELO SECO + TARA (gr)	39.20	41.25	40.70	24.63	26.00
PESO DEL AGUA (gr)	6.50	7.15	6.80	0.77	0.80
PESO TARA (gr)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	18.00	20.05	19.50	3.43	4.80
% HUMEDAD	36.11	35.66	34.87	22.45	16.67
NUMERO DE GOLPES	14.00	24.00	36.00		



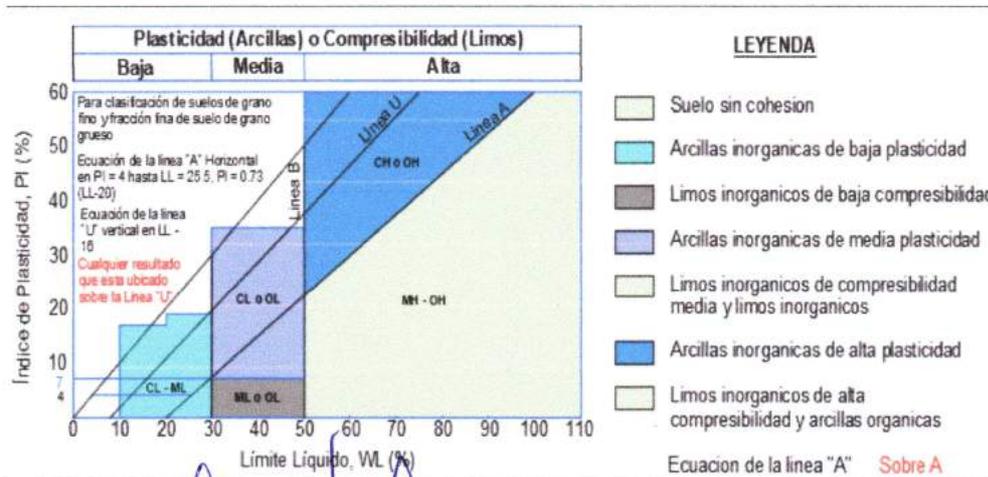
Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17¹)

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	35.53 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _P)	19.56 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	15.97 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	CL
AASHTO (ASTM D3282-15)	A-6 (6)

Arcilla ligera con arena



Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:
 DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183681

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM - 422)

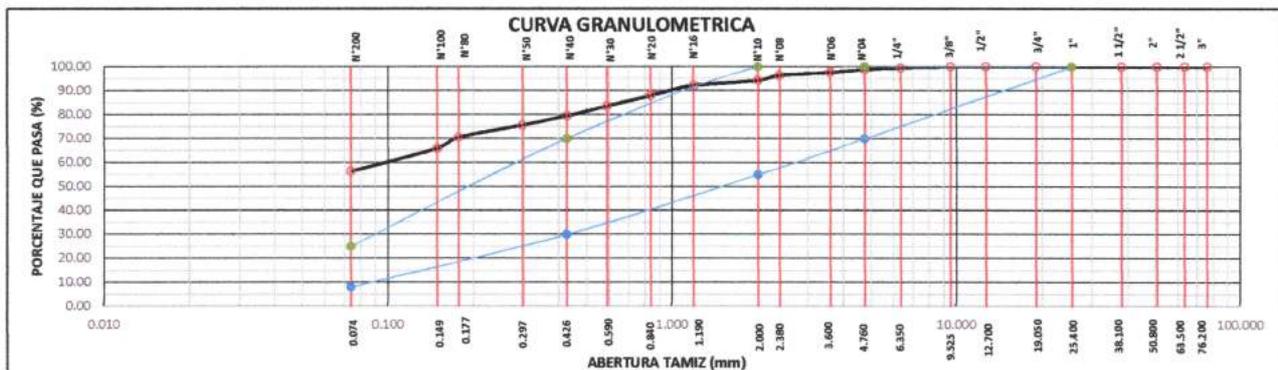
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-01
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m.
Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freatica : N.P. Coordenadas UTM: E.475367.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Adición del 10% CGN N.8795358.00

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: ----- %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 35.53 %
1/4"	6.350	13.00	0.43	0.43	99.57	LÍMITE PLÁSTICO: 19.56 %
N° 4	4.760	21.00	0.70	1.13	98.87	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 15.97 %
N° 6	3.600	36.00	1.20	2.33	97.67	
N° 8	2.380	37.00	1.23	3.57	96.43	PORCENTAJES
N° 10	2.000	62.00	2.07	5.63	94.37	GRAVA [N° 4 < φ < 3"] 1.13 %
N° 16	1.190	65.00	2.17	7.80	92.20	ARENA [N° 200 < φ < N° 4] 42.60 %
N° 20	0.840	124.00	4.13	11.93	88.07	FINOS [φ < N° 200] 56.27 %
N° 30	0.590	135.00	4.50	16.43	83.57	
N° 40	0.426	122.00	4.07	20.50	79.50	CLASIFICACIÓN:
N° 50	0.297	116.00	3.87	24.37	75.63	SUCS (ASTM D2487-17) CL
N° 80	0.177	155.00	5.17	29.53	70.47	AASHTO (ASTM D3282-15) A-6 (6) Arcilla ligera con arena
N° 100	0.149	137.00	4.57	34.10	65.90	
N° 200	0.074	289.00	9.63	43.73	56.27	OBSERVACIONES:
-200	-	1688.00	56.27	100.00	-	
	Peso Inicial	3000	100			



[Signature]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM 1557)**

FECHA TOMA DE	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-01

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO	TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES
--	---

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL DISTRITO : PERENÉ PROVINCIA : CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10
---	--

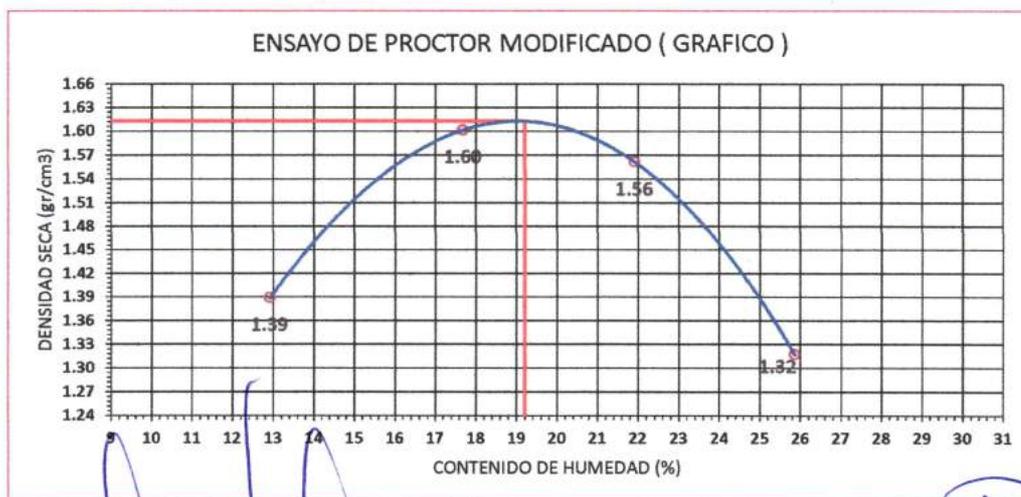
TOMA DE MUESTRAS: Modalidad : Muestreo por el Cliente Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Profundidad : 1.50 m Napa freatica : N.P Tipo de Muestra : Adición del 10% CGN	Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m Coordenadas UTM: E.8790438.62 N.475299.18
---	--	---

PUNTO	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE (g)	6572	6572	6572	6572
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2116	2116	2116	2116
PESO SUELO H. COMPACTADO + MOLDE (g)	10,560	10,600	10,080	9,890
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (g)	3,988	4,028	3,508	3,318
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (g/cm3)	1.885	1.904	1.658	1.568
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	563.7	683.91	565.1	535.2
PESO SUELO SECO + TARA (g)	479.0	561.0	449.0	474.0
PESO DEL AGUA (g)	84.7	122.9	116.1	61.2
TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO SUELO SECO (g)	479.0	561.0	449.0	474.0
CONTENIDO DE AGUA (%)	17.7	21.9	25.9	12.9
PESO VOLUMETRICO SECO (g/cm3)	1.602	1.561	1.317	1.389

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

Metodo C

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) : 1.613 g/cm3
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 19.20 %



Dario Oswaldo Villar Reyna
 Laboratorio Suelos - Concreto

David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691

E-mail : geovicon@gmail.com /
 geovicon.sac.consultas@gmail.com

RUC : 20602102115

**VALOR SOPORTE RELATIVO
(ASTM - D1883)**

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-01
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
PARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:
Modalidad : Muestreo por el Cliente
Profundidad : 1.50 m
Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m
Método de Muestreo : Excavación Manual
Napa freática : N.P
Coordenadas UTM: E.475367.00
N.8795358.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios
Tipo de Muestra : Adición del 10% CGN

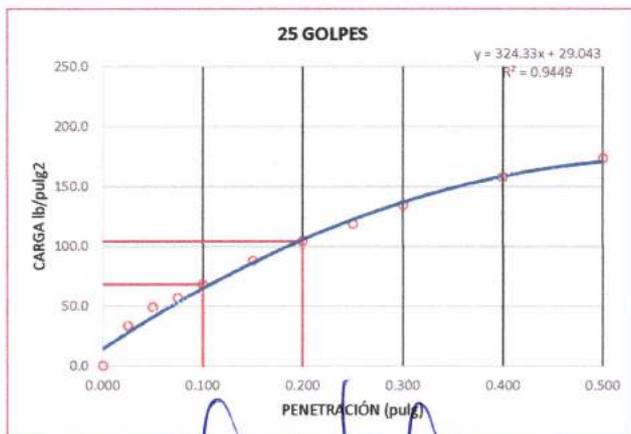
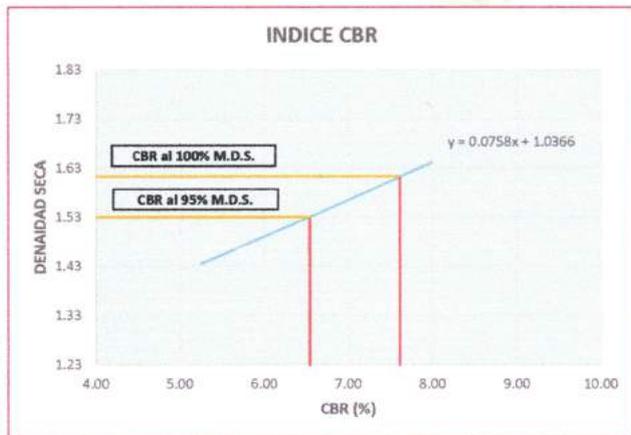
GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Proctor Modificado: ASTM D1557
Método de Compactación: Método C
Máxima Densidad Seca (Gr/cm3): 1.613
Óptimo Contenido de Humedad (%): 19.20
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm3): 1.530

RESULTADOS ENSAYO CBR

CBR AL 100% DE LA MDS 0.1" **7.61**
CBR AL 95% DE LA MDS 0.1" **6.54**



[Firma]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691



LÍMITES DE ATTERBERG
 (ASTM - 4318-17)

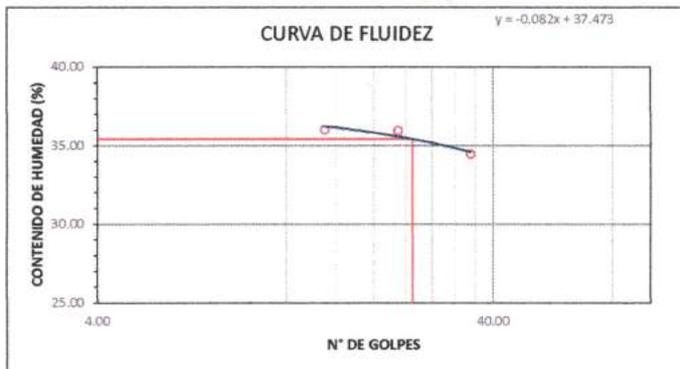
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-02

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
 TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN: SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO: PERENÉ
 PROVINCIA: CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN
 ENSAYOS REALIZADOS: LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹⁾
 CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad: Muestreo por el Cliente
 Profundidad: 1.50 m
 Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo: Excavación Manual
 Napa freatica: N.P
 Coordenadas UTM: E.475252.00
 Perfil del Suelo Tipo: S2, Suelos Intermedios
 Tipo de Muestra: Adición del 10% CGN
 N.8795608.00

LIMITES DE CONSISTENCIA	LIMITE LIQUIDO (ASTM D - 423)		LIMITE PLASTICO (ASTM - 424)		
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	46.50	47.10	47.15	27.56	28.41
SUELO SECO + TARA (gr)	39.80	40.25	40.50	26.50	27.20
PESO DEL AGUA (gr)	6.70	6.85	6.65	1.06	1.21
PESO TARA (gr)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	18.60	19.05	19.30	5.30	6.00
% HUMEDAD	36.02	35.96	34.46	20.00	20.17
NUMERO DE GOLPES	15.00	23.00	35.00		



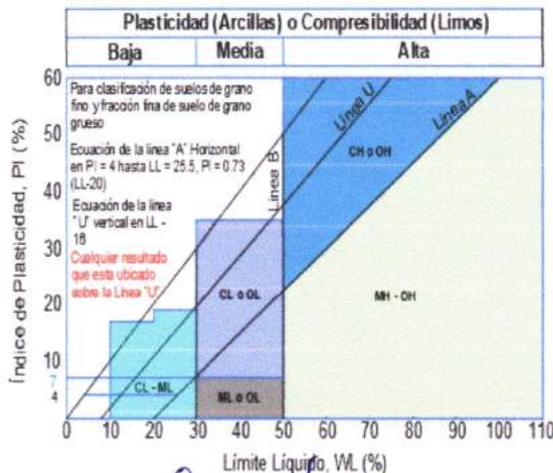
Resultados Limites de Atterberg (ASTM D4318-17¹⁾)

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	35.42 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _P)	20.08 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	15.34 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	CL
AASHTO (ASTM D3282-15)	A-6 (5)

Arcilla ligera con arena



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos inorgánicos
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

[Signature]
 DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
 David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (ASTM - 422)**

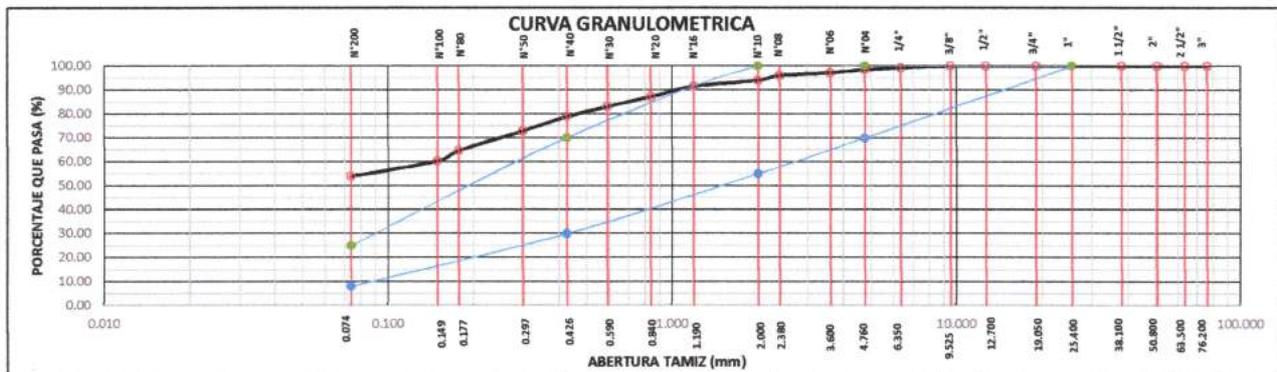
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-02
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN: SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO: PERENÉ
 PROVINCIA: CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18
 CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad: Muestreo por el Cliente Profundidad: 1.50 m Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo: Excavación Manual Napa freática: N.P. Coordenadas UTM: E.475252.00
 N.8795608.00
 Perfil del Suelo Tipo: S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra: Adición del 10% CGN

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: ----- %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 35.42 %
1/4"	6.350	21.00	0.70	0.70	99.30	LÍMITE PLÁSTICO: 20.08 %
Nº 4	4.760	25.00	0.83	1.53	98.47	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 15.34 %
Nº 6	3.600	38.00	1.27	2.80	97.20	
Nº 8	2.380	36.00	1.20	4.00	96.00	PORCENTAJES
Nº 10	2.000	60.00	2.00	6.00	94.00	GRAVA [Nº 4 < φ < 3"] 1.53 %
Nº 16	1.190	75.00	2.50	8.50	91.50	ARENA [Nº 200 < φ < Nº 4] 44.60 %
Nº 20	0.840	129.00	4.30	12.80	87.20	FINOS [φ < Nº 200] 53.87 %
Nº 30	0.590	124.00	4.13	16.93	83.07	
Nº 40	0.426	127.00	4.23	21.17	78.83	CLASIFICACIÓN:
Nº 50	0.297	180.00	6.00	27.17	72.83	SUCS (ASTM D2487-17) CL
Nº 80	0.177	249.00	8.30	35.47	64.53	AASHTO (ASTM D3282-15) A-6 (5)
Nº 100	0.149	129.00	4.30	39.77	60.23	Arcilla ligera con arena
Nº 200	0.074	191.00	6.37	46.13	53.87	OBSERVACIONES:
-200	-	1616.00	53.87	100.00	-	
	Peso Inicial	3000	100			



[Signature]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhina Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM 1557)**

FECHA TOMA DE	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-02

TESISTA:

BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

TESIS:

EFFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

TOMA DE MUESTRAS:

Modalidad : Muestreo por el Cliente

Profundidad : 1.50 m

Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m

Metodo de Muestreo : Excavación Manual

Napa freatica : N.P

Coordenadas UTM: E.475252.00
 N.8795608.00

Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios

Tipo de Muestra : Adición del 10% CGN

PUNTO	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE (g)	6572	6572	6572	6572
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2116	2116	2116	2116
PESO SUELO H. COMPACTADO + MOLDE (g)	10,300	10,500	10,050	9,780
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (g)	3,728	3,928	3,478	3,208
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (g/cm3)	1.762	1.856	1.644	1.516
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	555.4	685.9	565	540.2
PESO SUELO SECO + TARA (g)	479.3	562.7	454.4	476.9
PESO DEL AGUA (g)	76.2	123.2	110.6	63.3
TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO SUELO SECO (g)	479.3	562.7	454.4	476.9
CONTENIDO DE AGUA (%)	15.9	21.9	24.3	13.3
PESO VOLUMETRICO SECO (g/cm3)	1.520	1.523	1.322	1.338

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

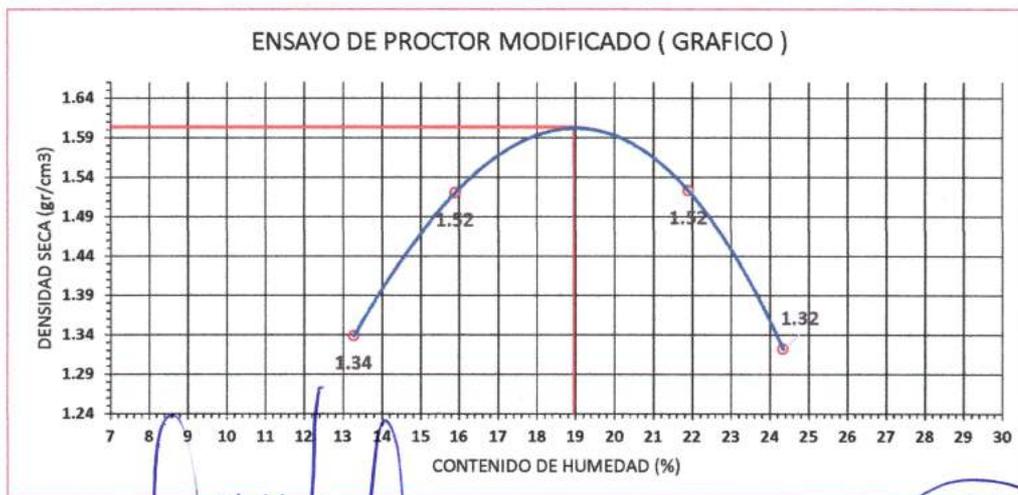
Metodo C

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) :

1.603 g/cm3

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :

18.95 %



[Signature]
 DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
 David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691

E-mail : geovicon@gmail.com /
 geovicon.sac.consultas@gmail.com

RUC : 20602102115

VALOR SOPORTE RELATIVO

(ASTM - D1883)

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-02
---	---	------------------------------------

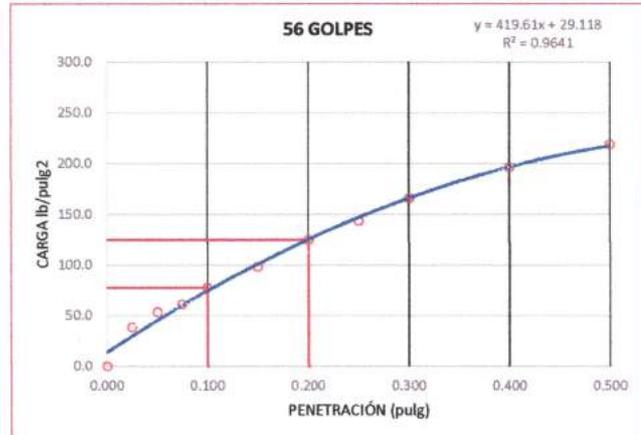
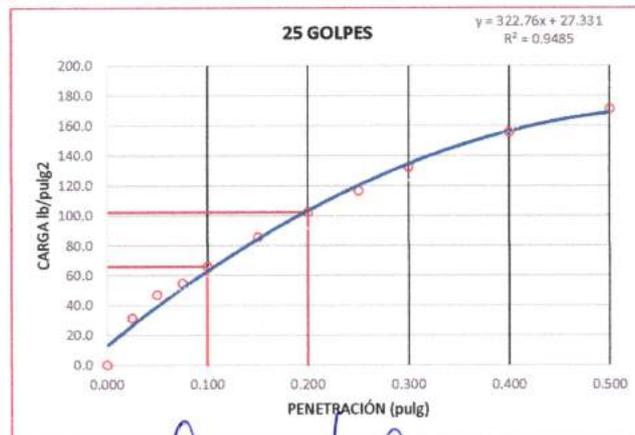
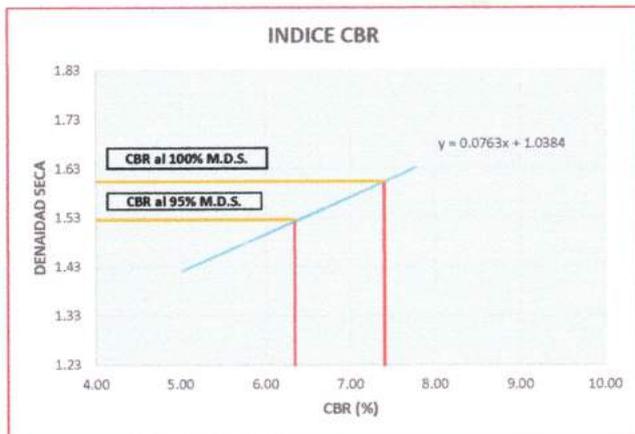
TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
PARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:
Modalidad : Muestreo por el Cliente
Profundidad : 1.50 m
Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m
Metodo de Muestreo : Excavacion Manual
Napa freatica : N.P
Coordenadas UTM: E.475252.00
N.8795608.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios
Tipo de Muestra : Adición del 10% CGN

GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN	RESULTADOS ENSAYO CBR
Proctor Modificado: ASTM D1557 Método de Compactación: Método C Máxima Densidad Seca (Gr/cm3): 1.603 Óptimo Contenido de Humedad (%): 18.95 95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm3): 1.525	CBR AL 100% DE LA MDS 0.1" 7.40 CBR AL 95% DE LA MDS 0.1" 6.35



[Firma]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183681

**LÍMITES DE ATTERBERG
(ASTM - 4318-17)**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-03

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

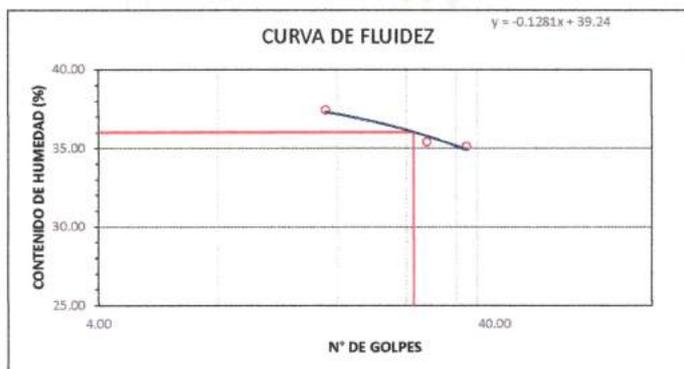
UBICACIÓN DEL PROYECTO:
UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:
LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:

Modalidad : Muestreo por el Cliente	Profundidad : 1.50 m	Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
Metodo de Muestreo : Excavación Manual	Napa freatica : N.P	Coordenadas UTM: E.474935.00 N.8796013.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Tipo de Muestra : Adición del 10% CGN	

LIMITES DE CONSISTENCIA	LIMITE LIQUIDO (ASTM D - 423)		LIMITE PLASTICO (ASTM - 424)		
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	49.20	49.50	48.90	37.41	36.80
SUELO SECO + TARA (gr)	41.57	42.10	41.70	35.00	33.95
PESO DEL AGUA (gr)	7.63	7.40	7.20	2.41	2.85
PESO TARA (gr)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	20.37	20.90	20.50	13.80	12.75
% HUMEDAD	37.46	35.41	35.12	17.46	22.35
NUMERO DE GOLPES	15.00	27.00	34.00		



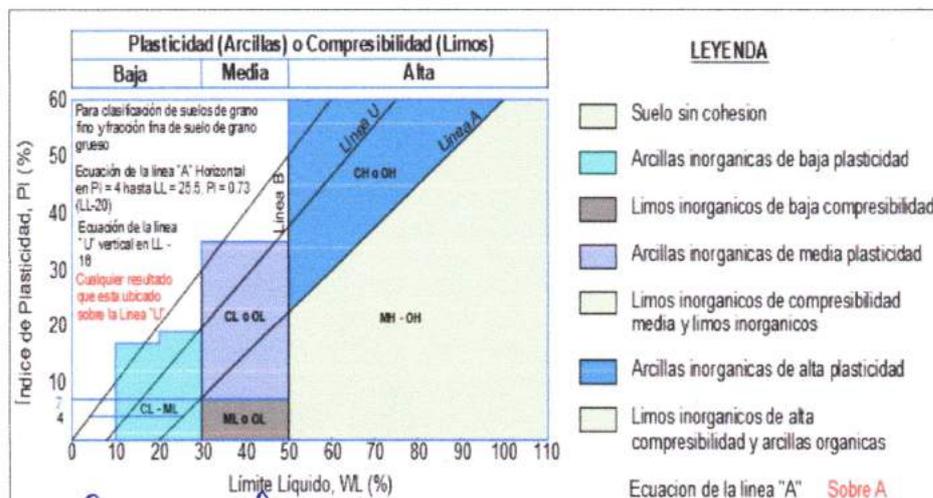
Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17¹)

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	36.04 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _P)	19.91 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	16.13 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	CL
AASHTO (ASTM D3282-15)	A-6 (7)

Arcilla ligera con arena



Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

[Signature]
DARÍO OSWALDO WILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (ASTM - 422)**

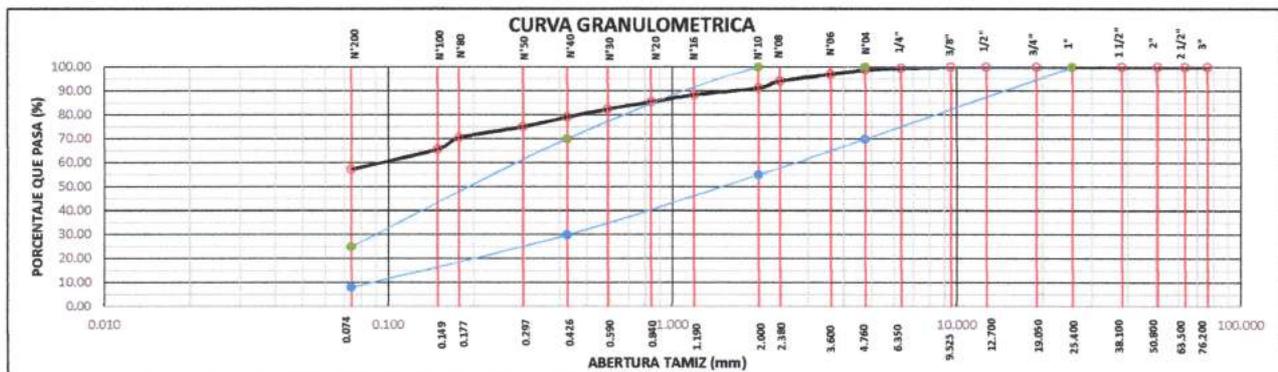
FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-03
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18
 CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavación Manual Napa freática : N.P Coordenadas UTM: E.474935.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Adición del 10% CGN N.8796013.00

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: ----- %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 36.04 %
1/4"	6.350	14.00	0.47	0.47	99.53	LÍMITE PLÁSTICO: 19.91 %
Nº 4	4.760	21.00	0.70	1.17	98.83	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 16.13 %
Nº 6	3.600	52.00	1.73	2.90	97.10	
Nº 8	2.380	87.00	2.90	5.80	94.20	PORCENTAJES
Nº 10	2.000	89.00	2.97	8.77	91.23	GRAVA [Nº 4 < φ < 3"] 1.17 %
Nº 16	1.190	86.00	2.87	11.63	88.37	ARENA [Nº 200 < φ < Nº 4] 41.67 %
Nº 20	0.840	87.00	2.90	14.53	85.47	FINOS [φ < Nº 200] 57.17 %
Nº 30	0.590	91.00	3.03	17.57	82.43	
Nº 40	0.426	102.00	3.40	20.97	79.03	CLASIFICACIÓN:
Nº 50	0.297	120.00	4.00	24.97	75.03	SUCS (ASTM D2487-17) CL
Nº 80	0.177	137.00	4.57	29.53	70.47	AASHTO (ASTM D3282-15) A-6 (7) Arcilla ligera con arena
Nº 100	0.149	147.00	4.90	34.43	65.57	
Nº 200	0.074	252.00	8.40	42.83	57.17	OBSERVACIONES:
-200	-	1715.00	57.17	100.00	-	
	Peso Inicial	3000	100			



[Signature]
DARIO OSWALDO VILARREYNA
 Laboratorio Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM 1557)**

FECHA TOMA DE	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-03

TESISTA:

BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

TESIS:

EFFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

TOMA DE MUESTRAS:

Modalidad : Muestreo por el Cliente

Profundidad : 1.50 m

Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m

Metodo de Muestreo : Excavación Manual

Napa freatica : N.P

Coordenadas UTM: E.474935.00
 N.8796013.00

Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios

Tipo de Muestra : Adición del 10% CGN

PUNTO		1	2	3	4
PESO DEL MOLDE	(g)	6572	6572	6572	6572
VOLUMEN DEL MOLDE	(cm3)	2116	2116	2116	2116
PESO SUELO H. COMPACTADO + MOLDE	(g)	10,350	10,480	9,900	9,800
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	(g)	3,778	3,908	3,328	3,228
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	(g/cm3)	1.785	1.847	1.573	1.526
PESO SUELO HUMEDO + TARA	(g)	557.5	691.95	560.1	545
PESO SUELO SECO + TARA	(g)	475.5	561.4	445.1	479.5
PESO DEL AGUA	(g)	82.0	130.6	115.0	65.5
TARA	(g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO SUELO SECO	(g)	475.5	561.4	445.1	479.5
CONTENIDO DE AGUA	(%)	17.2	23.3	25.8	13.7
PESO VOLUMETRICO SECO	(g/cm3)	1.523	1.498	1.250	1.342

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

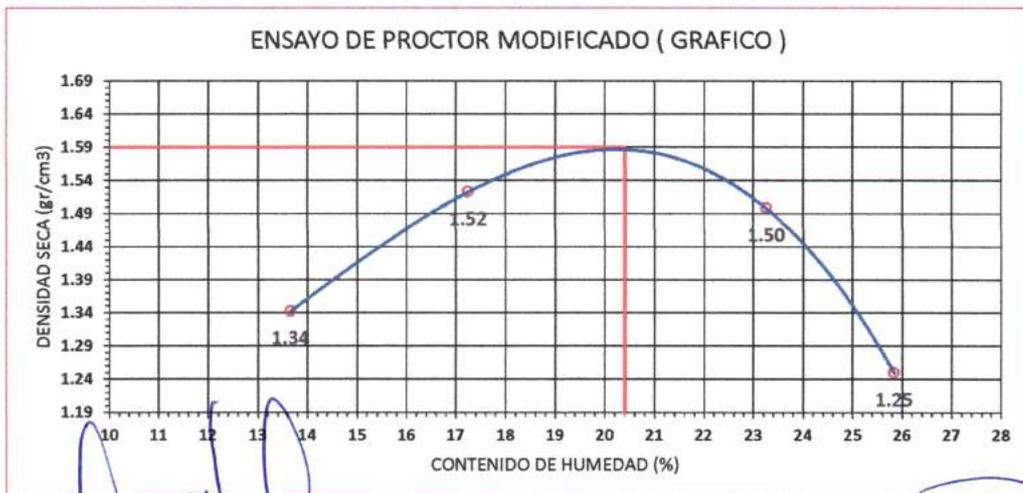
Metodo C

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) :

1.59 g/cm3

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :

20.40 %



[Signature]
 DARIOS WALDO VILAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
 David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183591

E-mail : geovicon@gmail.com /
 geovicon.sac.consultas@gmail.com

RUC : 20602102115

VALOR SOPORTE RELATIVO

(ASTM - D1883)

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-03
---	---	------------------------------------

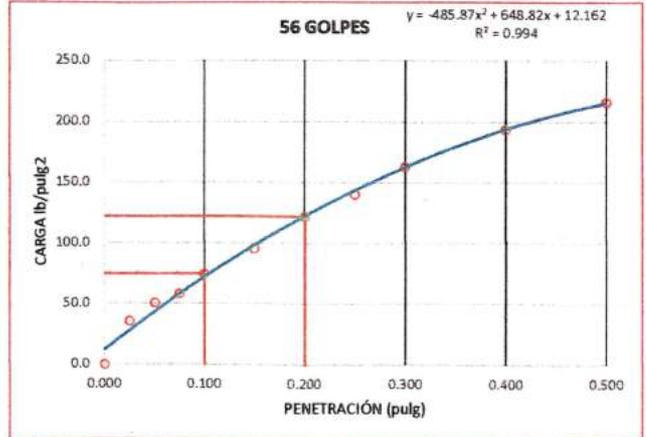
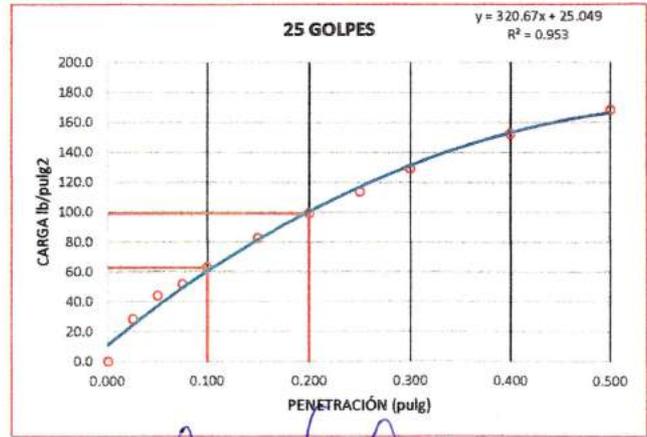
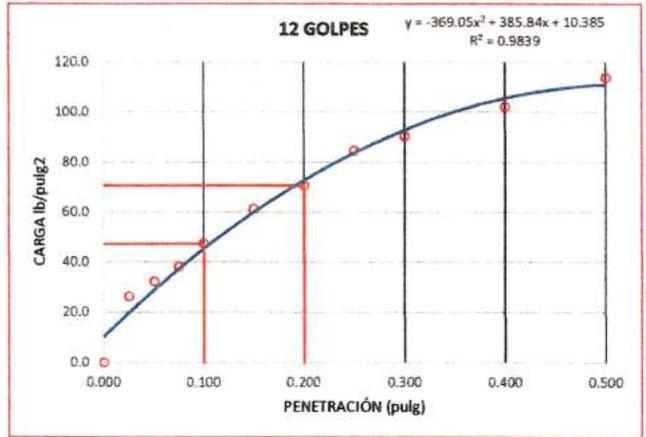
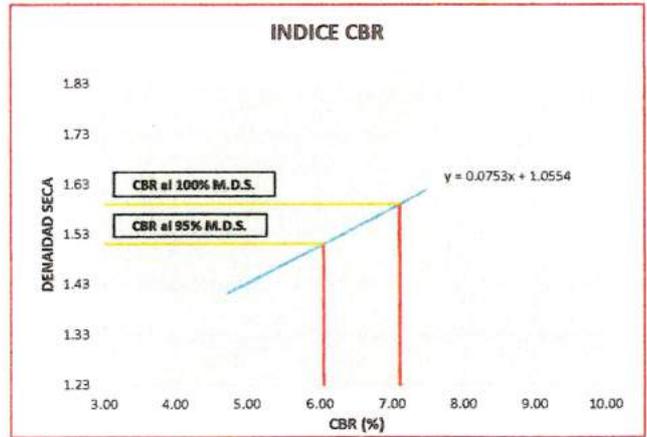
TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
PARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:
Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freática : N.P Coordenadas UTM: E.474935.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Adición del 10% CGN N.8796013.00

GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN	RESULTADOS ENSAYO CBR
Proctor Modificado: ASTM D1557 Método de Compactación: Método C Máxima Densidad Seca (Gr/cm ³): 1.59 Óptimo Contenido de Humedad (%): 20.40 95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm ³): 1.51	CBR AL 100% DE LA MDS 0.1" 7.10 CBR AL 95% DE LA MDS 0.1" 6.05



[Firma]
DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691

LÍMITES DE ATTERBERG
(ASTM - 4318-17)

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-01

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS: LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

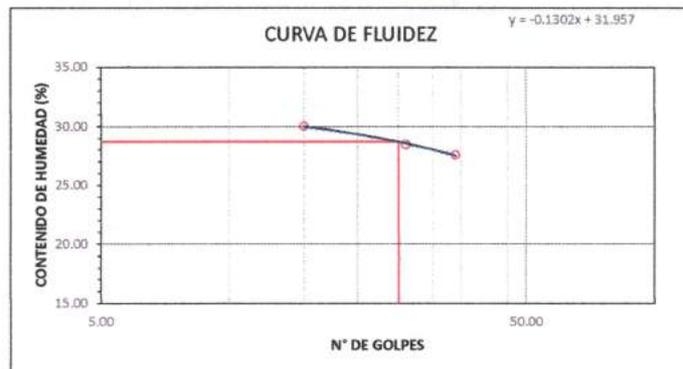
TOMA DE MUESTRAS:

Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m

Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freatica : N.P Coordenadas UTM: E.475367.00
N.8795358.00

Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Adición del 15% CGN

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D - 423)		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM - 424)		
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	47.60	46.52	45.20	26.10	25.94
SUELO SECO + TARA (gr)	41.50	40.91	40.01	25.37	25.15
PESO DEL AGUA (gr)	6.10	5.61	5.19	0.73	0.79
PESO TARA (gr)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	20.30	19.71	18.81	4.17	3.95
% HUMEDAD	30.05	28.46	27.59	17.51	20.00
NUMERO DE GOLPES	15.00	26.00	34.00		



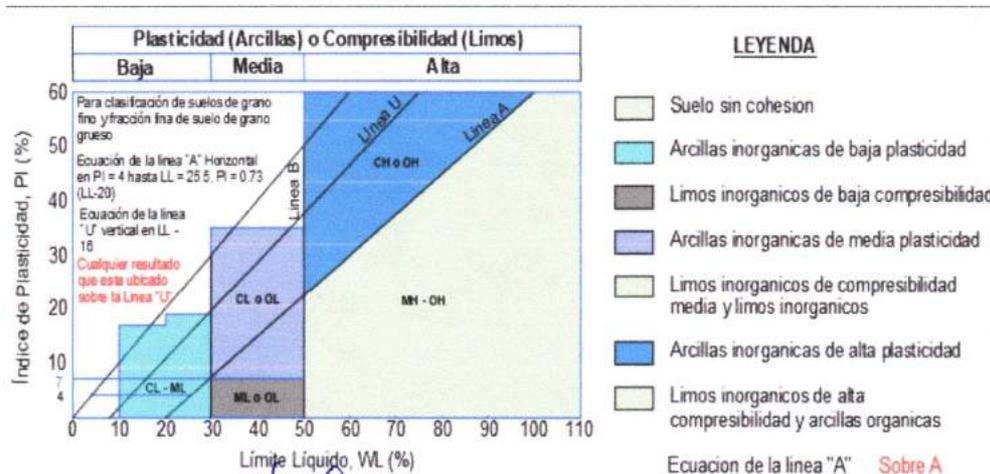
Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17¹)

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	28.70 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _P)	18.75 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	9.95 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	SC
AASHTO (ASTM D3282-15)	A-6 (2)

Arena Arcillosa



Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

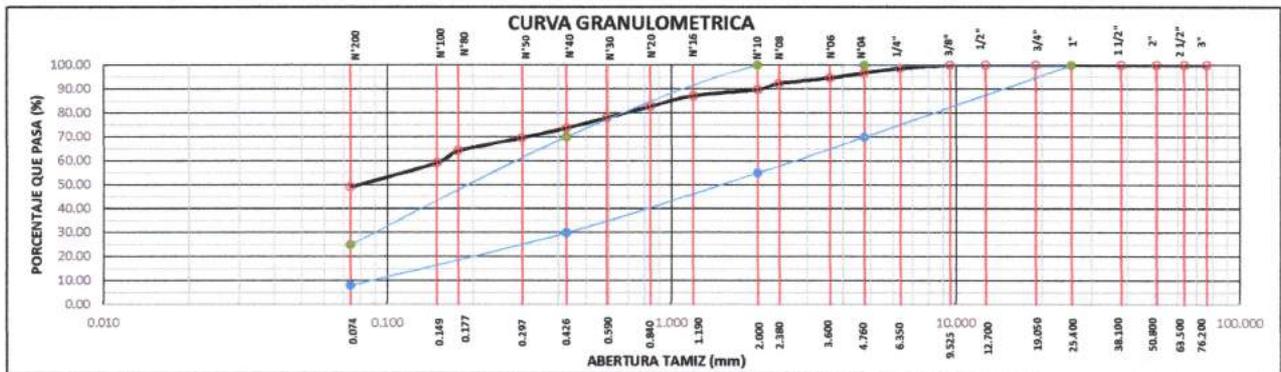
DARIO OSWALDO WILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM - 422)**

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-01
TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO	TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES	
UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL DISTRITO : PERENÉ PROVINCIA : CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	ENSAYOS REALIZADOS: ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18 CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)	
TOMA DE MUESTRAS:		
Modalidad : Muestreo por el Cliente	Profundidad : 1.50 m	Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m
Metodo de Muestreo : Excavacion Manual	Napa freatica : N.P	Coordenadas UTM: E.475367.00 N.8795358.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Tipo de Muestra : Adición del 15% CGN	

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: ----- %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 28.70 %
1/4"	6.350	37.00	1.23	1.23	98.77	LÍMITE PLÁSTICO: 18.75 %
Nº 4	4.760	58.00	1.93	3.17	96.83	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 9.95 %
Nº 6	3.600	65.00	2.17	5.33	94.67	
Nº 8	2.380	71.00	2.37	7.70	92.30	PORCENTAJES
Nº 10	2.000	75.00	2.50	10.20	89.80	GRAVA [Nº 4 < φ < 3"] 3.17 %
Nº 16	1.190	78.00	2.60	12.80	87.20	ARENA [Nº 200 < φ < Nº 4] 47.73 %
Nº 20	0.840	135.00	4.50	17.30	82.70	FINOS [φ < Nº 200] 49.10 %
Nº 30	0.590	142.00	4.73	22.03	77.97	
Nº 40	0.426	129.00	4.30	26.33	73.67	CLASIFICACIÓN:
Nº 50	0.297	124.00	4.13	30.47	69.53	SUCS (ASTM D2487-17) SC
Nº 80	0.177	161.00	5.37	35.83	64.17	AASHTO (ASTM D3282-15) A-6 (2)
Nº 100	0.149	150.00	5.00	40.83	59.17	Arena Arcillosa
Nº 200	0.074	302.00	10.07	50.90	49.10	OBSERVACIONES:
-200	-	1473.00	49.10	100.00	-	
	Peso Inicial	3000	100			



[Firma]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183621

VALOR SOPORTE RELATIVO

(ASTM - D1883)

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-01
---	---	------------------------------------

TESISTA:

TESIS:

BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

EFFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
PARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:

Modalidad : Muestreo por el Cliente	Profundidad : 1.50 m	Altitud (Cota): 1296.00 m.s.n.m
Metodo de Muestreo : Excavación Manual	Napa freatica : N.P	Coordenadas UTM: E.475367.00 N.8795358.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Tipo de Muestra : Adición del 15% CGN	

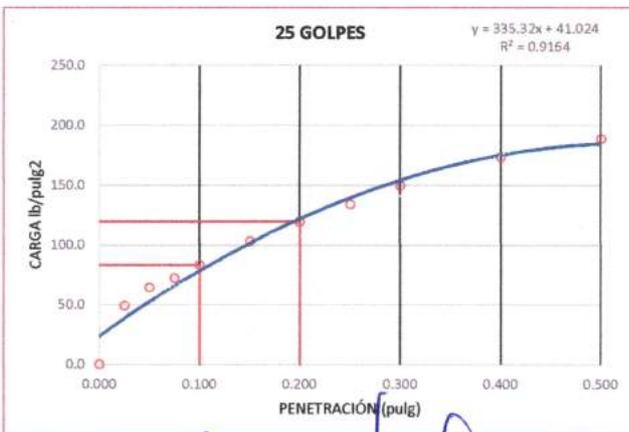
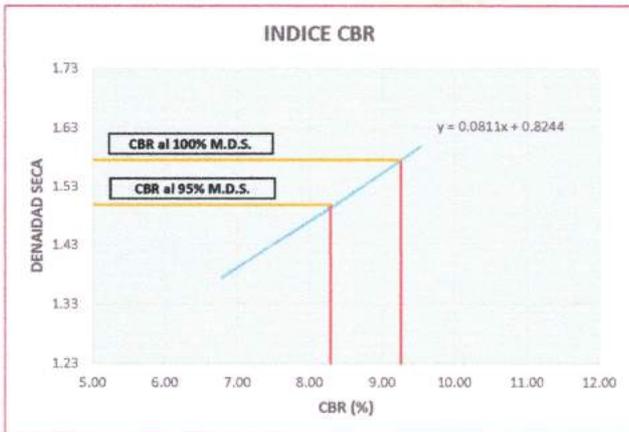
GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Proctor Modificado:	ASTM D1557
Método de Compactación:	Método C
Máxima Densidad Seca (Gr/cm ³):	1.575
Óptimo Contenido de Humedad (%):	21.30
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm ³):	1.499

RESULTADOS ENSAYO CBR

CBR AL 100% DE LA MDS	0.1"	9.25
CBR AL 95% DE LA MDS	0.1"	8.28



[Firma]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183681

LÍMITES DE ATTERBERG
(ASTM - 4318-17)

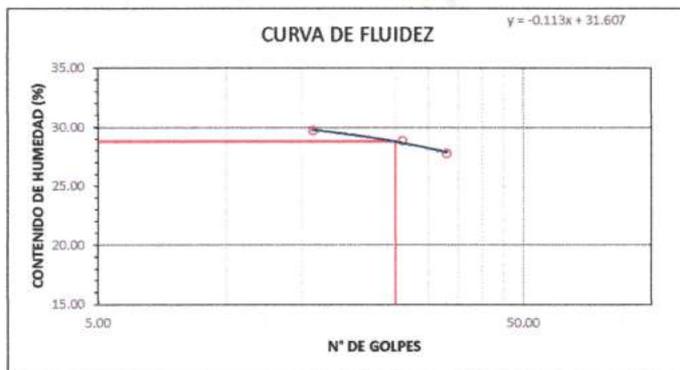
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-02

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
 TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN
 ENSAYOS REALIZADOS: LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹
 CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
 Modalidad : Muestreo por el Cliente
 Profundidad : 1.50 m
 Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavación Manual
 Napa freática : N.P
 Coordenadas UTM: E.475252.00
 N.8795608.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios
 Tipo de Muestra : Adición del 15% CGN

LIMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D - 423)		LÍMITE PLÁSTICO (ASTM - 424)		
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	48.70	49.10	50.01	29.43	30.41
SUELO SECO + TARA (gr)	42.40	42.85	43.75	28.05	29.10
PESO DEL AGUA (gr)	6.30	6.25	6.26	1.38	1.31
PESO TARA (gr)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	21.20	21.65	22.55	6.85	7.90
% HUMEDAD	29.72	28.87	27.76	20.15	16.58
NUMERO DE GOLPES	16.00	26.00	33.00		



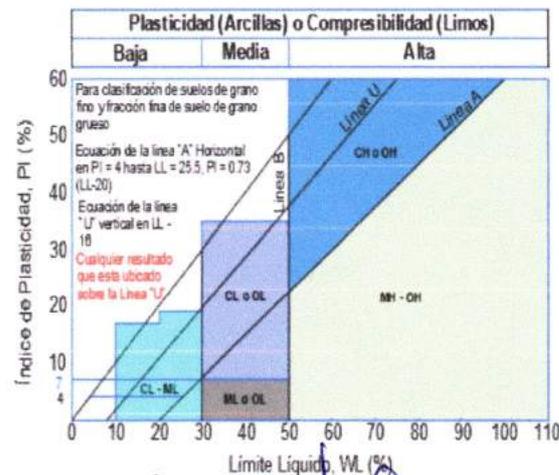
Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17¹)

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	28.78 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _p)	18.36 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	10.42 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	SC
AASHTO (ASTM D3282-15)	A-6 (2)

Arena Arcillosa



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos inorgánicos
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" **Sobre A**

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

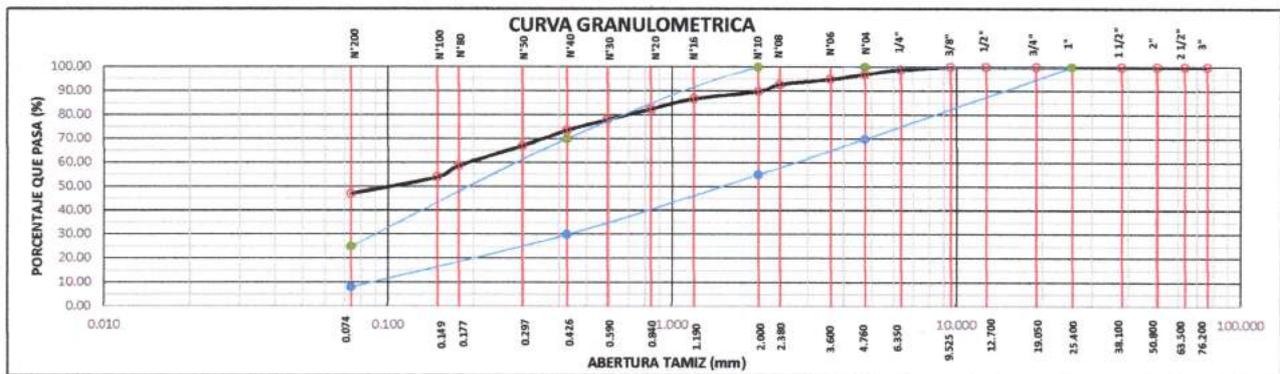
[Signature]
DARIO OSWALDO VILLAR PEYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

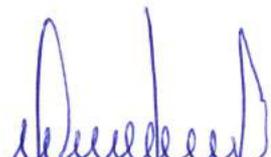
[Signature]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM - 422)**

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-02
TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO	TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES	
UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL DISTRITO : PERENÉ PROVINCIA : CHANCHAMAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	ENSAYOS REALIZADOS: ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18 CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)	
TOMA DE MUESTRAS: Modalidad : Muestreo por el Cliente Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios	Profundidad : 1.50 m Napa freatica : N.P Tipo de Muestra : Adición del 15% CGN	Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m Coordenadas UTM: E.475252.00 N.8795608.00

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: ----- %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 28.78 %
1/4"	6.350	35.00	1.17	1.17	98.83	LÍMITE PLÁSTICO: 18.36 %
Nº 4	4.760	55.00	1.83	3.00	97.00	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 10.42 %
Nº 6	3.600	63.00	2.10	5.10	94.90	
Nº 8	2.380	67.00	2.23	7.33	92.67	PORCENTAJES
Nº 10	2.000	87.00	2.90	10.23	89.77	GRAVA [Nº 4 < Ø < 3"] 3.00 %
Nº 16	1.190	91.00	3.03	13.27	86.73	ARENA [Nº 200 < Ø < Nº 4] 50.00 %
Nº 20	0.840	130.00	4.33	17.60	82.40	FINOS [Ø < Nº 200] 47.00 %
Nº 30	0.590	132.00	4.40	22.00	78.00	
Nº 40	0.426	136.00	4.53	26.53	73.47	CLASIFICACIÓN:
Nº 50	0.297	192.00	6.40	32.93	67.07	SUCS (ASTM D2487-17) SC
Nº 80	0.177	253.00	8.43	41.37	58.63	AASHTO (ASTM D3282-15) A-6 (2)
Nº 100	0.149	142.00	4.73	46.10	53.90	Arena Arcillosa
Nº 200	0.074	207.00	6.90	53.00	47.00	
-200	-	1410.00	47.00	100.00	-	OBSERVACIONES:
	Peso Inicial	3000	100			




DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratnista Suelos - Concreto


David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM 1557)**

FECHA TOMA DE	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-02

TESISTA:

BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

TESIS:

EFFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

TOMA DE MUESTRAS:

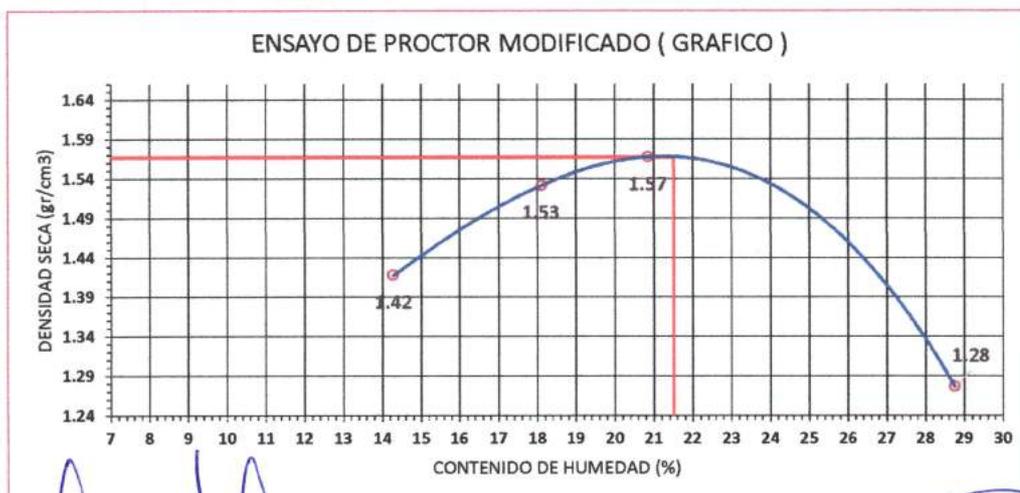
Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m
 Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freatica : N.P Coordenadas UTM: E.475252.00
 Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Adición del 15% CGN N.8795608.00

PUNTO	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE (g)	6572	6572	6572	6572
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2116	2116	2116	2116
PESO SUELO H. COMPACTADO + MOLDE (g)	10,400	10,580	10,050	10,000
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (g)	3,828	4,008	3,478	3,428
PESO VOLUMETRIC HUMEDO (g/cm3)	1.809	1.894	1.644	1.620
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	566	680	585	545
PESO SUELO SECO + TARA (g)	479.3	562.7	454.4	476.9
PESO DEL AGUA (g)	86.8	117.3	130.6	68.1
TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO SUELO SECO (g)	479.3	562.7	454.4	476.9
CONTENIDO DE AGUA (%)	18.1	20.8	28.7	14.3
PESO VOLUMETRIC SECO (g/cm3)	1.532	1.567	1.277	1.418

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

Metodo C

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) : 1.567 g/cm3
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 21.50 %



[Signature]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
 Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183591

E-mail : geovicon@gmail.com /
 geovicon.sac.consultas@gmail.com

RUC : 20602102115

VALOR SOPORTE RELATIVO

(ASTM - D1883)

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-02
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENÉ
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
PARTAMENTO : JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:
Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1293.00 m.s.n.m
Metodo de Muestreo : Excavación Manual Napa freática : N.P Coordenadas UTM: E.475252.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Adición del 15% CGN N.8795608.00

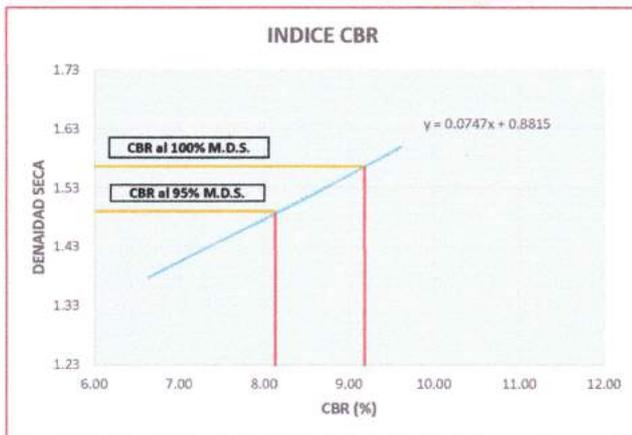
GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Proctor Modificado: ASTM D1557
Método de Compactación: Método C
Máxima Densidad Seca (Gr/cm³): 1.567
Óptimo Contenido de Humedad (%): 21.50
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm³): 1.49

RESULTADOS ENSAYO CBR

CBR AL 100% DE LA MDS 0.1" **9.18**
CBR AL 95% DE LA MDS 0.1" **8.13**



[Firma]
DARIO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183691

LÍMITES DE ATTERBERG
(ASTM - 4318-17)

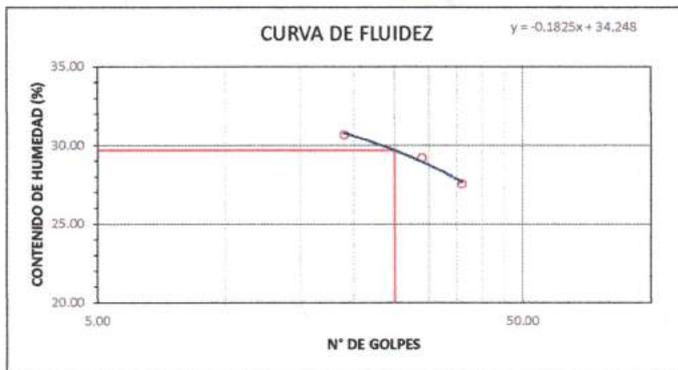
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO DE ENSAYO	MUESTRA O ACTIVIDAD
15/06/2021	17/06/2021	M-03

TESISTA: BARMES AURELIO HURTADO DIONISIO
TESIS: EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN: SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO: PERENÉ
PROVINCIA: CHANCHAMAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN
ENSAYOS REALIZADOS: LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{SI}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:
Modalidad: Muestreo por el Cliente
Profundidad: 1.50 m
Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
Metodo de Muestreo: Excavación Manual
Napa freática: N.P
Coordenadas UTM: E.474935.00
Perfil del Suelo Tipo: S2, Suelos Intermedios
Tipo de Muestra: Adición del 15% CGN
N.8796013.00

LIMITES DE CONSISTENCIA	LIMITE LIQUIDO (ASTM D - 423)		LIMITE PLASTICO (ASTM - 424)		
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	48.25	47.12	48.30	36.23	37.45
SUELO SECO + TARA (gr)	41.90	41.26	42.45	34.00	34.78
PESO DEL AGUA (gr)	6.35	5.86	5.85	2.23	2.67
PESO TARA (gr)	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20
SUELO SECO (gr)	20.70	20.06	21.25	12.80	13.58
% HUMEDAD	30.68	29.21	27.53	17.42	19.66
NUMERO DE GOLPES	19.00	29.00	36.00		



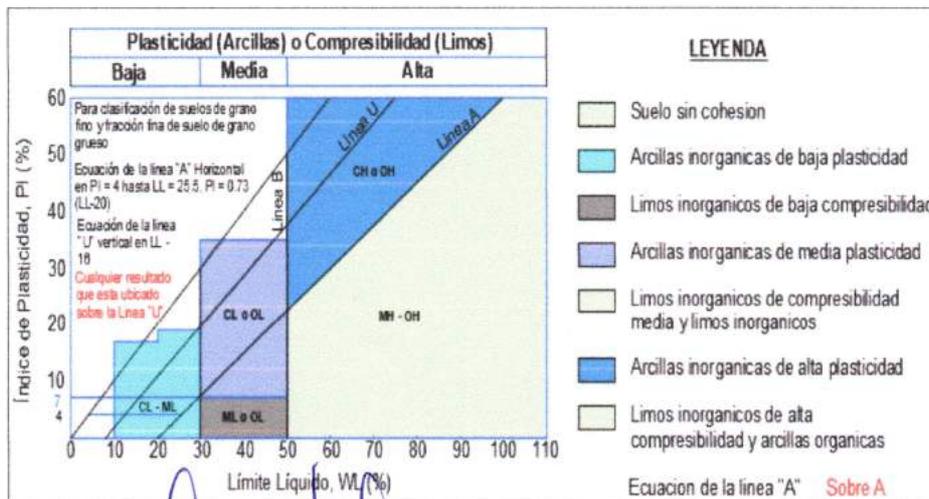
Resultados Limites de Atterberg (ASTM D4318-17^{SI})

LÍMITE LÍQUIDO (LL, w _L)	29.69 %
LÍMITE PLÁSTICO (PL, w _P)	18.54 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)	11.14 %

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17)	CL
AASHTO (ASTM D3282-15)	A-6 (3)

Arcilla ligera con arena



Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

[Signature]
DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Signature]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183521

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM - 422)**

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-03
---	---	------------------------------------

TESISTA:

BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

TESIS:

EFFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO: PERENÉ
PROVINCIA: CHANCHAMAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN

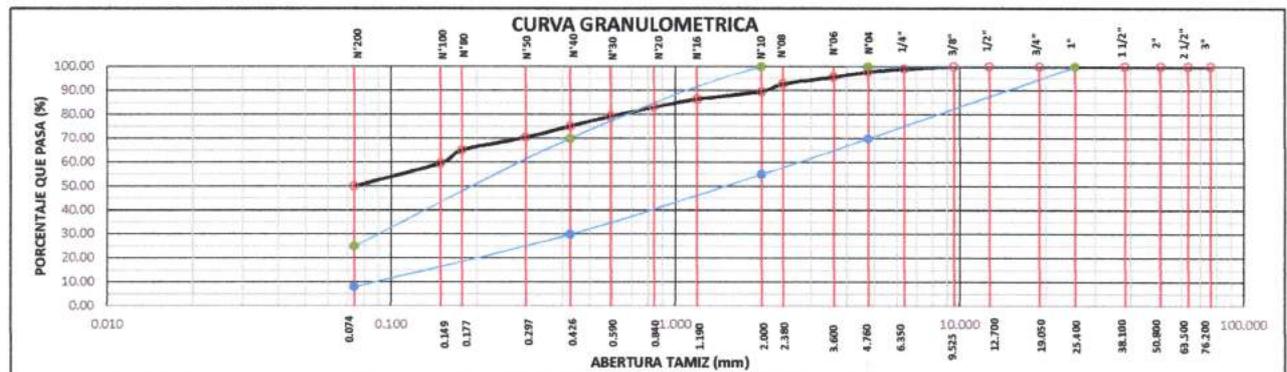
ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO SEGÚN NORMA ASTM C136/C136M-18
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS:

Modalidad: Muestreo por el Cliente Profundidad: 1.50 m Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m.
Metodo de Muestreo: Excavacion Manual Napa freatica: N.P Coordenadas UTM: E.474935.00
Perfil del Suelo Tipo: S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra: Adición del 15% CGN N.8796013.00

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO RETENIDO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA INICIAL (g): 3000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	PESO MUESTRA SECA LAVADA (g): 500.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216):
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	CONTENIDO DE HUMEDAD: ----- %
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITE LÍQUIDO: 29.69 %
1/4"	6.350	27.00	0.90	0.90	99.10	LÍMITE PLÁSTICO: 18.54 %
Nº 4	4.760	38.00	1.27	2.17	97.83	ÍNDICE DE PLASTICIDAD: 11.14 %
Nº 6	3.600	62.00	2.07	4.23	95.77	
Nº 8	2.380	90.00	3.00	7.23	92.77	PERCENTAJES
Nº 10	2.000	95.00	3.17	10.40	89.60	GRAVA [Nº 4 < φ < 3"] 2.17 %
Nº 16	1.190	97.00	3.23	13.63	86.37	ARENA [Nº 200 < φ < Nº 4] 47.73 %
Nº 20	0.840	101.00	3.37	17.00	83.00	FINOS [φ < Nº 200] 50.10 %
Nº 30	0.590	114.00	3.80	20.80	79.20	
Nº 40	0.426	125.00	4.17	24.97	75.03	CLASIFICACIÓN:
Nº 50	0.297	139.00	4.63	29.60	70.40	SUCS (ASTM D2487-17) CL
Nº 80	0.177	159.00	5.30	34.90	65.10	AASHTO (ASTM D3282-15) A-6 (3)
Nº 100	0.149	166.00	5.53	40.43	59.57	Arcilla ligera con arena
Nº 200	0.074	284.00	9.47	49.90	50.10	
-200	-	1503.00	50.10	100.00	-	OBSERVACIONES:
	Peso Inicial	3000	100			



DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

David Marhuza Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183591



Dirección: Ca. Diamante Azul N°233 El Tambo – Huancayo
 Cel: 982 403 566 / 971 444 470
 Fijo: (064)600060

**LABORATORIO
 DE ENSAYO
 DE MATERIALES**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
 (ASTM 1557)**

FECHA TOMA DE 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-03
------------------------------------	---	------------------------------------

TESISTA:

BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO

TESIS:

EFFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
 DISTRITO : PERENÉ
 PROVINCIA : CHANCHAMAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

TOMA DE MUESTRAS:

Modalidad : Muestreo por el Cliente

Profundidad : 1.50 m

Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m

Metodo de Muestreo : Excavacion Manual

Napa freatica : N.P

Coordenadas UTM: E.474935.00
 N.8796013.00

Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios

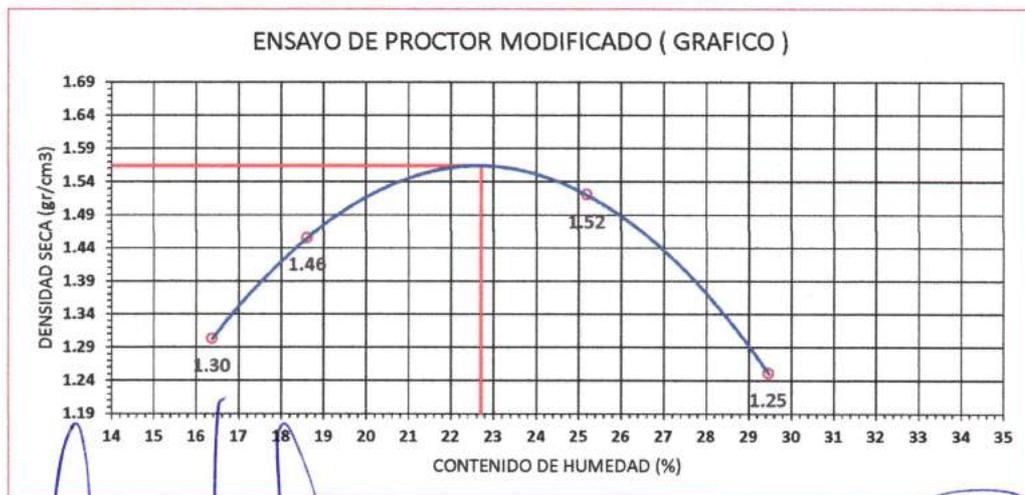
Tipo de Muestra : Adición del 15% CGN

PUNTO	1	2	3	4
PESO DEL MOLDE (g)	6572	6572	6572	6572
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2116	2116	2116	2116
PESO SUELO H. COMPACTADO + MOLDE (g)	10,225	10,600	10,000	9,780
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (g)	3,653	4,028	3,428	3,208
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (g/cm3)	1.726	1.904	1.620	1.516
PESO SUELO HUMEDO + TARA (g)	564.7	704.1	579.1	558
PESO SUELO SECO + TARA (g)	476.1	562.4	447.3	479.5
PESO DEL AGUA (g)	88.6	141.7	131.8	78.5
TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO SUELO SECO (g)	476.1	562.4	447.3	479.5
CONTENIDO DE AGUA (%)	18.6	25.2	29.5	16.4
PESO VOLUMETRICO SECO (g/cm3)	1.456	1.520	1.251	1.303

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

Metodo C

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) : 1.564 g/cm3
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 22.70 %



David Oswaldo Villar Reyna
 Laboratorio Suelos - Concreto

David Mayhua Matamoros
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 183691

E-mail : geovicon@gmail.com /
 geovicon.sac.consultas@gmail.com

RUC : 20602102115

VALOR SOPORTE RELATIVO

(ASTM - D1883)

FECHA TOMA DE MUESTRAS 15/06/2021	FECHA INICIO DE ENSAYO 17/06/2021	MUESTRA O ACTIVIDAD M-03
---	---	------------------------------------

TESISTA: BALMES AURELIO HURTADO DIONISIO **TESIS:** EFECTO DE ADICIONAR CAUCHO GRANULAR DE NEUMATICOS EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS PARA ESTABILIZAR SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : SAN JUAN DE PERENE - EL PAJONAL
DISTRITO : PERENE
PROVINCIA : CHANCHAMAYO
PARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS: ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-07e2

TOMA DE MUESTRAS:
Modalidad : Muestreo por el Cliente Profundidad : 1.50 m Altitud (Cota): 1350.00 m.s.n.m
Metodo de Muestreo : Excavacion Manual Napa freatica : N.P Coordenadas UTM: E.474935.00
Perfil del Suelo Tipo : S2, Suelos Intermedios Tipo de Muestra : Adición del 15% CGN N.8796013.00

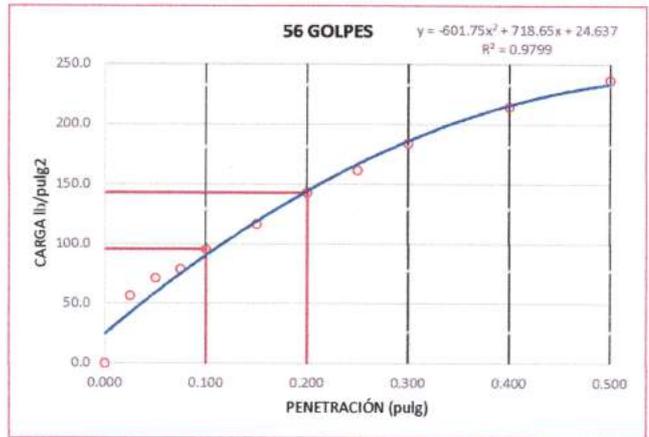
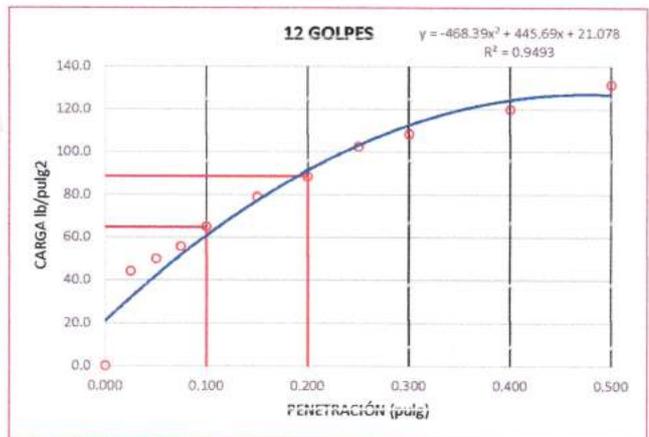
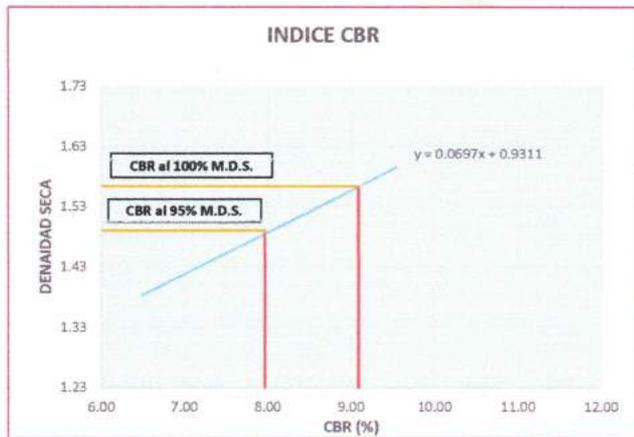
GRÁFICOS Y RESULTADOS DE CBR - LABORATORIO

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Proctor Modificado:	ASTM D1557
Método de Compactación:	Método C
Máxima Densidad Seca (Gr/cm ³):	1.564
Óptimo Contenido de Humedad (%):	22.70
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm ³):	1.49

RESULTADOS ENSAYO CBR

CBR AL 100% DE LA MDS	0.1"	9.09
CBR AL 95% DE LA MDS	0.1"	7.96



[Firma]
DARÍO OSWALDO VILLAR REYNA
Laboratorista Suelos - Concreto

[Firma]
David Mayhua Matamoros
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 183681