



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018”.

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE.
INGENIERO CIVIL**

AUTORA:

Betty Karen Cuipal Chávez

ASESOR:

Mag. Ing. Carlos Villegas Martínez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2018



ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 2

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

Betty Karen Cuipal Chávez

cuyo título es:

" Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con el uso de
polímero sintético en la carretera Chachapoyas - Huancas,
Amazonas 2018 "

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

15 (número) QUINCE (letras).

Lugar y fecha LOS OLIVOS 14-DIC-2018

Raúl Pinto
PRESIDENTE

Mg. RAUL PINTO BARRANTEL
Grado y nombre

[Signature]
SECRETARIO

Grado y nombre

[Signature]
VOCAL

Mg. Carlos Villegas Manzan
Grado y nombre

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Bertha y Manuel por su apoyo incondicional, sus consejos, enseñanzas y su paciencia en todo momento, me han ayudado a tomar buenas decisiones y a salir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres
Bertha y Manuel, mis hermanos
Haneth y Ever, a mis tíos Teresa y
Eduardo, mi abuelita Isidora y mi
novio Rony, por fortalecer mis
valores, por su cariño, su paciencia y
su apoyo firme a lo largo de este
proyecto.

Al ingeniero **Carlos Villegas
Martínez**, por la enseñanza y apoyo brindado
en este trabajo y hacia mi persona.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Betty Karen Cuipal Chávez con DNI N° 47222225, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ingeniera Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se muestra en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 diciembre del 2018

Betty Karen Cuipal Chávez

ÍNDICE

RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	13
1.2. TRABAJOS PREVIOS	14
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	14
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	15
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	16
1.3.1. SUBRASANTE.....	16
1.3.2. CARACTERIZACIÓN DE SUBRASANTE.....	17
1.3.3. DESCRIPCIÓN DEL SUELO.....	18
1.3.3.1. Granulometría.....	18
1.3.3.2. Plasticidad.....	20
1.3.3.3. Humedad Natural.....	22
1.3.3.4. Clasificación de Suelos.....	23
1.3.3.5. Ensayo de Proctor.....	25
1.3.3.6. Ensayo de CBR.....	26
1.3.4. SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO.....	27
1.3.5. ESTABILIZACIÓN DE SUELO.....	28
1.3.5.1. Estabilización Mecánica.....	28
1.3.5.2. Estabilización Química.....	29
1.3.6. MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	29
1.3.6.1. Estabilización con cal.....	29
1.3.6.2. Estabilización con cemento.....	30
1.3.6.3. Estabilización con asfalto.....	31
1.3.7. POLÍMEROS SINTÉTICOS.....	32
1.3.7.1. Estructura del polietileno.....	32
1.3.7.2. Clasificación de polietileno.....	32
1.3.8. ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON POLÍMEROS.....	35
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	35
1.4.1. PROBLEMA GENERAL.....	35
1.4.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS.....	35
1.5. JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO	36
1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	36
1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA.....	36
1.5.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	36
1.5.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.....	36
1.6. HIPÓTESIS	36
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	36
1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	37

1.7. OBJETIVOS.....	37
1.7.1. OBJETIVOS GENERALES.....	37
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	37
II. MÉTODO.....	38
2.1. FASES DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.....	39
2.1.1. ENFOQUE.....	39
2.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	39
2.1.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	39
2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
2.3. VARIABLES, OPERACIONALIZACION.....	40
2.3.1. POLÍMEROS SINTÉTICOS.....	40
2.3.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLOSOS.....	40
2.3.3. OPERACIONALIZACIÒN.....	42
2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
2.4.1. POBLACIÓN.....	42
2.4.2. MUESTRA.....	42
2.4.2.1. MUESTREO.....	43
2.4.3. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LA MUESTRA.....	43
2.5. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	45
2.5.1. TÉCNICA.....	45
2.5.2. INSTRUMENTOS.....	45
2.5.3. VALIDEZ.....	46
2.5.4. CONFIABILIDAD.....	46
2.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	47
2.6.1. MÉTODO EMPLEADO.....	47
2.6.2. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	47
2.6.3. TRABAJO DE CAMPO.....	48
2.6.3.1. Realización de las calicatas.....	48
2.6.3.2. Registro de excavaciones.....	49
2.6.4. DESARROLLO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.....	49
2.6.4.1. Contenido de Humedad.....	50
2.6.4.2. Granulometría por Tamizado.....	52
2.6.4.3. Limite líquido.....	54
2.6.4.4. Limite plástico.....	55
2.6.4.5. Ensayo de Proctor Modificado.....	57
2.6.4.6. Ensayo de CBR.....	59
2.6.5. DETERMINACIÓN DEL USO DE POLÍMERO SINTÉTICO.....	63
2.6.5.1. Obtención de botellas PET.....	63
2.6.5.2. Costo de las botellas PET.....	64
2.6.5.3. Determinación de las dimensiones de las botellas PET.....	64

2.6.5.4. Ensayo de CBR con la adición de botellas PET.....	64
2.7. ASPECTOS ÉTICOS.....	65
III. RESULTADOS.....	67
3.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE.....	68
3.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD.....	68
3.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	69
3.1.3. LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD.....	71
3.1.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	74
3.1.5. ENSAYO DE PROCTOR.....	75
3.1.6. ENSAYO DE CBR.....	77
3.2.DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN Y USO DE LOS POLÍMEROS SINTÉTICOS COMO ADITIVO.....	81
IV. DISCUSIÓN.....	86
V. CONCLUSIONES.....	89
VI. RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS.....	92
ANEXO.....	96

Tabla 1: Categorías de subrasante por su calidad.....	17
Tabla 2: Tabla de calicatas por el tipo de carreteras.....	17
Tabla 3: Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	18
Tabla 4: Tamices de granulometría.....	19
Tabla 5: Clasificación de suelo según índice de plasticidad.....	22
Tabla 6: Sistema de Clasificación AASHTO.....	23
Tabla 7: Correlación de tipo de suelos AASHTO – SUCS.....	25
Tabla 8: Rango de cemento requerido en estabilización de suelo.....	31
Tabla 9: Coordenadas Geográficas de las Calicatas.....	47
Tabla 10: Ensayos y normas.....	49
Tabla 11: Resumen de Contenido de Humedad.....	68
Tabla 12: Resumen de Resultado Granulométrico.....	69
Tabla 13: Porcentaje de Suelo.....	70
Tabla 14: Resultados de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.....	72
Tabla 15: Clasificación SUCS de las muestras.....	74
Tabla 16: Clasificación AASHTO de las muestras.....	75
Tabla 17: Resultados del ensayo de Proctor.....	75
Tabla 18: Resultados del ensayo de CBR al 95% DMS.....	78
Tabla 19: Resume de resultados de ensayo de CBR.....	80
Tabla 20: Resumen de resultados de tamizado de Polímero sintético.....	81
Tabla 21: Resultados de ensayo de CBR de suelo natural con 3% Polímero sintético.....	82
Tabla 22: Resultados de ensayo de CBR de suelo natural con 6% Polímero sintético.....	83
Tabla 23: Resultados de ensayo de CBR de suelo natural con 9% Polímero sintético.....	84
Tabla 24: Resumen de ensayos de CBR de suelo natural y con aditivo de Polímero sintético.	84
Figura 1: Interpretación de la curva de granulometría.....	20
Figura 2: Cuchara de Casagrande.....	21
Figura 3: Equipo de prueba de ensayo de Proctor estándar (a) Molde y (b) Pistón.....	26
Figura 4: Estructura del Polietileno.....	32
Figura 5: Símbolo e imagen de polietileno PET.....	33
Figura 6: Símbolo e imagen de polietileno de alta densidad.....	34
Figura 7: Símbolo e imagen de polietileno de baja densidad.....	34

Imagen 1: Ubicación de la población.....	43
Imagen 2: (a), (b) y (c) muestra el estado actual de la carretera Chachapoyas – Huancas.....	44
Imagen 3: Vista de C – 01, En la carretera Chachapoyas – Huancas.....	48
Imagen 4: Vista de C – 02, En la carretera Chachapoyas – Huancas.....	48
Imagen 5: Vista de C – 03, En la carretera Chachapoyas – Huancas.....	49
Imagen 6: (a) Muestras de suelo húmedo y (b)muestra de suelo ya seco.....	51
Imagen 7: Realización de ensayo de Granulometría.....	53
Imagen 8: Realización de ensayo Casagrande (Limite Líquido)	55
Imagen 9: Realización de ensayo Límite plástico.....	56
Imagen 10: compactación por capas y pesado de muestra compactada.....	58
Imagen 11: a) Muestra de suelo y b) Pesado de muestra ya compactado por 5 capas.....	61
Imagen 12: lectura de expansión y apunte de lectura de expansión.....	62
Imagen 13: Prensa de CBR.....	63
Imagen 14: (a) y (b) Preparación de la muestra de suelo con adición de polímero sintético.....	65
Imagen 15: (a) mezcla de suelo y polímero sintético y (b) CBR de suelo – polímero sintético.....	65
Grafica 1: Curva Granulométrica de las 3 Calicatas C-01, C-02 y C-03.....	71
Grafica 2: Diagrama de Fluidez de la Calicata C - 01.....	72
Grafica 3: Diagrama de Fluidez de la Calicata C - 02.....	73
Grafica 4: Diagrama de Fluidez de la Calicata C - 03.....	73
Grafica 5: Diagrama Relación Humedad – Densidad seca; Calicata 01.....	76
Grafica 6: Diagrama Relación Humedad – Densidad seca; Calicata 02.....	76
Grafica 7: Diagrama Relación Humedad – Densidad seca; Calicata 03.....	78
Grafica 8: Densidad seca vs. CBR (%); Calicata 01.....	79
Grafica 9: Densidad seca vs. CBR (%); Calicata 02.....	79
Grafica 10: Densidad seca vs. CBR (%); Calicata 03.....	79
Grafica 11: Densidad seca vs. CBR (%); Calicata 01 más el 3% de Polímero sintético.....	83

RESUMEN

Los polímeros sintéticos son de mayor producción y los que generan mayor impacto de contaminación puesto que son materiales no degradables, entre ellos tenemos las botellas de polietileno tereftalato (PET), para la cual se trata de reutilizar este material en la estabilización de subrasante de suelo arcilloso. La investigación tiene como objetivo analizar el efecto que causa la adición de polímero sintético en la estabilización de la subrasante de suelo arcilloso, carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas.

Se tomó como muestra de estudio el tramo km 4 +500 hasta el km 4 + 900 de la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas. Se realizaron tres calicatas, extrayendo muestras de suelo para ser llevadas al laboratorio; los ensayos se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto de la institución Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones Amazonas (DRTC – Amazonas).

La subrasante analizada se dividió en dos tramos según las características físicas y mecánicas, el primer tramo presenta suelos finos con alto contenido de arcilla de plasticidad media a elevada, el segundo tramo presenta contenido de limo arcillas de ligera plasticidad y escaso contenido de grava, en los dos tramos se determinó su capacidad de soporte de un CBR al 95% de su densidad máxima seca inferior al 6%, por lo que de acuerdo con MTC, se recomienda mejorar o cambiar el suelo de la subrasante.

Según el MTC (2013) manual de carreteras: suelo, geotecnia y pavimentos, existen 8 tipos de estabilizadores que recomienda y que se utiliza según las características del suelo. Para la investigación se utilizó como estabilizador el polímero sintético, realizando 27 ensayos de CBR en porcentajes 3%, 6% y 9% de adición polímero sintético.

La evaluación de resultados indica que para este estudio se suelos ensayados, que puede lograrse sustantivos incrementos en la capacidad de resistencia de los suelos con la adición de polímero sintético. El incremento en los valores de CBR es variable, en función de la naturaleza de los suelos y en porcentajes de adición de aditivos, así que se recomienda realizar ensayos de laboratorio previo a su utilización, para establecer el porcentaje óptimo de adición de polímero sintético para estabilización y obtener mejores resultados en su expansión y resistencia.

Palabras clave: Polímero Sintético, Estabilización de la Subrasante de Suelo Arcilloso y Tipo de Polímeros Sintéticos.

ABSTRACT

The synthetic polymers are of greater production and those that generate greater impact of contamination, since they are non-degradable materials among them we have the bottles of polyethylene terephthalate (PET), for which it is about reusing this material in the stabilization of the soil subgrade clayey. The objective of the research is to analyze the effect caused by the addition of synthetic polymer in the stabilization of the subsoil of clay soil, Chachapoyas - Huancas road, Amazonas.

The km 4 +500 section up to km 4 + 900 of the Chachapoyas - Huancas, Amazonas highway was taken as a study sample. Three pits were made, extracting soil samples to be taken to the laboratory; The tests were carried out in the soil, concrete and asphalt mechanics laboratory of the Amazonas Regional Transportation and Communications Authority (DRTC - Amazonas).

This subgrade analyzed was divided into two sections according to the physical and mechanical characteristics, the first section presents fine soils with a high clay content of medium to high plasticity, the second section presents clay content of light plasticity and little content of gravel, in The two stretches were determined to support a CBR at 95% of its maximum dry density of less than 6%, so according to MTC, it is recommended to improve or change the soil of the subgrade.

According to the MTC (2013) road manual: soil, geotechnics and pavements, there are 8 types of stabilizers recommended and used according to the characteristics of the soil. For the investigation, the synthetic polymer was used as a stabilizer, carrying out 27 CBR tests in percentages 3%, 6% and 9% synthetic polymer addition.

The evaluation of results indicates that for this study tested soils, which can be achieved substantive increases in the support capacity of the soils with the addition of synthetic polymer. The increase in the values of CBR is variable, depending on the nature of the soils and in percentages of additive, so it is recommended to perform laboratory tests prior to use, to determine the optimal percentage of synthetic polymer addition for stabilization.

Keywords: Synthetic Polymer, Stabilization of the Subsoil of Clay Soil and Type of Synthetic Polymers.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA:

La construcción de carreteras es pieza principal para el desarrollo de un país, porque promueve el comercio, turismo, la industria y da oportunidades a nuevos mercados que se encuentran en crecimiento. Por lo tanto se requiere que las vías de transporte sean de calidad y que esa situación permanezca en el tiempo dando eficiencia al transporte.

Para que la construcción de carreteras tenga mayor servicio es necesario saber la calidad del terreno, puesto que existen suelos inestables o baja capacidad de carga, el cual deberá ser perfeccionado o alterado por otro material de suelo resistente para ejecutar la construcción. Actualmente se aplican métodos tradicionales para su estabilización como la cal, cemento, aditivos, productos asfálticos, cloruro de sodio, entre otros, y que se emplean de acuerdo a las características del suelo y el alcance de la vía.

En el Perú de acuerdo al informe del Centro de Investigación Empresarial (CIE) el 86.6% de la red vial regional o departamental son no pavimentadas y que están mal estado. Y que en algunos lugares portan suelos de baja capacidad portante, es decir suelen ser inestables. Tal es el caso de la carretera afirmada Chachapoyas – huancas, el suelo de la subrasante es limo arcilloso y que necesita ser mejorado con algún método de estabilización ya mencionados, o por el método de estabilización que se plantea en esta investigación. La cual trata de utilizar los polímeros en la estabilización de suelos.

Desde la década de los 50 se utilizó los polímeros sintéticos para perfeccionar ciertas propiedades físicas y mecánicas de los suelos. Pero su alto costo para la adquisición de los productos utilizables en ese entonces limitó fuertemente su uso generalizado. Por otra parte, es irrefutable el rendimiento que productos como las poliacrilamidas u otros similares ha causado sobre las propiedades físicas del suelo y la respuesta de algunos cultivos.

En esta investigación se propondrá un nuevo método para la estabilización de suelo arcilloso que consiste en el uso de polímeros sintéticos reciclados (como las botellas plásticas) para optimizar ciertas características físicas - mecánicas del suelo, asimismo estaríamos solucionando el problema de inestabilidad del suelo arcilloso, prolongando su tiempo de servicio; así como también se dará un buen uso a las botellas plásticas recicladas, mejorando las propiedades del suelo y del medio ambiente.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

- ANTECEDENTE INTERNACIONAL

Mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una sub base granular con material proveniente de la provincia de Esmeraldas por medio de la adición de desechos de PVC (Lazcano, S. y Narváez, L. 2010) Esta investigación **utiliza** el material reciclable de PVC como un agregado, para mejorar el comportamiento de una sub base granular. A partir de los datos obtenidos de los ensayos de Proctor modificado y CBR pudieron comparar el material de suelo sin el aditivo y el suelo con la adición del PVC, en diferentes proporciones de este desecho. Los **resultados** presentaron una disminución de la densidad máxima aumentando su resistencia para la adición de desecho PVC en una proporción de 3 y 9 %.

Analysis of the influence of waste polymer of soil subgrade (Feroz Hanif khan. 2016). Esta investigación intentó **demostrar** su alto potencial en la resistencia de la subrasante, así como su variación de contenido de humedad, con la incorporación de las fibras plásticas de polietileno de alta densidad (HDPE). Para ello se realizaron una serie de pruebas de CBR de suelo reforzado con las fibras plásticas en proporciones de (0 - 6%). Los **resultados** mostraron que el uso de las fibras de plástico en proporciones adecuadas ayuda a optimizar su resistencia del suelo y en la modificación de sus propiedades. El beneficio de refuerzo aumentó con un aumento en el contenido de fibra plástica y en la longitud de la fibra plástica.

Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas (López, T., Bosco, J., Horta, J., Coronado, A. y Castaño, V. 2010). **Investiga** las arcillas expansivas que cambian de volumen con la presencia de humedad que se adquieren por la filtración o capilaridad. Para la investigación hicieron uso del poliuretano, que se utiliza en el sellado de grietas en la construcción. **Realizaron** ensayos de muestras de arcilla con el polímero y en estado natural; en ambas muestras se calculó propiedades de índice, resistencia al esfuerzo cortante, compactación, consolidación y expansión. Dando como **resultado** que la muestra de suelo polímero reduce la expansión en un 40%, en relación al suelo natural, por lo que se **concluyó** que el uso de polímero es factible.

Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo sub base (Rodríguez, E., Rondón, A., Vélez, M. y Aguirre, L. 2006). Busco **utilizar** el desecho del PVC como un material de agregado, para mejorar las propiedades de una subbase granular

de pavimento flexible. Realizaron ensayos de Proctor y CBR e hicieron la comparación de los resultados de la mezcla de material granular y con la adición de material de PCV, **concluyendo** que la mezcla modificada logra mejorar su resistencia y disminuye su peso.

- **ANTECEDENTE NACIONAL**

Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de los polímeros reciclados en carreteras, Paucara Huancavelica 2014 (Ramos, G. 2014). El **objetivo** de esta tesis fue darle un uso diferente a los polímeros reciclados que se obtiene de la botellas descartables; utilizarlo como un aditivo en el mejoramiento de subrasante de suelo con baja capacidad de carga, surgiendo de la **problemática** que algunas carreteras no pavimentada el suelo de fundación es limo arcilloso, en consecuencia presentan capacidad portante (CBR) inferior al 6%, por lo que necesita ser mejorada. El autor utilizo el **método** experimental, analizo las muestras de suelo he hizo 22 ensayos de CBR, utilizando el polímero reciclado en varios porcentajes con respecto al peso seco del suelo, también realizo ensayos con aditivo cal para la comparación. **Concluyendo** que se puede utilizar el polímero reciclado en la subrasante de suelo para optimizar algunas propiedades físicas y mecánicas, **recomendando** utilizar el aditivo en 1.5% con respecto al peso seco del suelo.

Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100 (Palomino, K. 2016). La tesis **evaluó** el producto Maxxseal 100 que es relativamente nueva en el Perú, este producto estabilizador está elaborado por co-polimeros de molécula con alto peso de vinilo acrílico. El **objetivo** del proyecto fue determinar el CBR de un suelo arcilloso con el agregado en un 2, 4, 6% del estabilizador Maxxseal 100. Para ello se obtuvieron muestras de la cantera Cerrillo, provincia de Cajamarca, luego fue llevado al laboratorio de suelo para realizar el ensayo de CBR. La **conclusión** de la investigación fue que a medida que se aumenta el estabilizador Maxxseal 100 aumenta su capacidad de carga del suelo arcilloso.

Evaluación comparativa mediante la capacidad de soporte y densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para subrasante de pavimento rígido dela Urb. San Judas Chico – Cusco (Romero, R. y Sañac, C. 2016). La tesis **evaluó** el producto de polímero adhesivo natural, que es a base de enzimas orgánicas y que es usado como pegamento industrial de madera, en la

incorporación de estabilización de suelos limo arenosos-arcilloso, con el **objetivo** de incrementar su resistencia. Se realizaron ensayos de Proctor modificado, CBR y compresión no confinada para la muestra se suelo natural y la muestra con el material adhesivo natural en distintos porcentajes. El **resultado** fue el incremento de la capacidad de soporte de los suelos con la adición de polímero adhesivo natural.

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 (Leiva, R. 2016). La tesis **utilizo** las bolsas de polietileno como un agregado para el mejoramiento de subrasante de suelo. El **objetivo** fue determinar el efecto de las bolsas de polietileno en el suelo a nivel de subrasante del lugar de estudio. **Realizaron** 45 ensayos de CBR, para obtener el porcentaje adecuado de las bolsas de polietileno fundido y lograr una dosificación optima en porcentaje, variando el porcentaje con respecto al suelo. **Concluyendo** que las bolsas de polietileno pueden ser utilizados en subrasante para mejorar sus propiedades físicas y mecánica, aumenta su CBR hasta un 7.78%, superior al permisible, en porciones de 3%-10%.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS CON EL TEMA

1.3.1. SUBRASANTE

La subrasante es la superficie finalizada de una carretera a nivel de movimiento de tierras y es el apoyo donde se ubica las fases del pavimento.

Ministerio de transportes y comunicaciones sostiene que:

La subrasante es la capa superior del terraplén o relleno, que soporta la estructura de pavimento, conformada con suelos de características aceptables y que son compactadas por capas para disminuir los espacios vacíos y componer un cuerpo estable en mejor estado, para que pueda soportar el peso proviene del tránsito vehicular sin deformarse (2013, p. 23).

La subrasante además de servir como soporte, es parte integral de la estructura del pavimento, por lo que su calidad es de suma importante para que tenga un buen comportamiento y durabilidad. Los suelos que se encuentran debajo de la superficie de subrasante deben contar con un CBR mayor o igual que 6% ($CBR \geq 6\%$). En caso que tengan un $CBR < 6\%$ deberán ser estabilizados con algún aditivo o cambiados por otro material de suelo estable.

La calidad de la capa de subrasante debe ser lo más adecuado posible, puesto que es el soporte de la estructura de pavimento y de las cargas transmitidas por los vehículos. Para determinar la

calidad del material de subrasante, se realiza ensayos de CBR quien mide su resistencia y su calidad, de acuerdo al CBR se pueden categorizar las subrasante como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Categorías de subrasante por su calidad

Categoría de Sub rasante	CBR
Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
Sub rasante insuficiente	De CBR \geq 3% a CBR < 6%
Sub rasante regular	De CBR \geq 6% a CBR < 10%
Sub rasante buena	De CBR \geq 10% a CBR < 20%
Sub rasante muy buena	De CBR \geq 20% a CBR < 30%
Sub rasante excelente	CBR \geq 30%

Fuente: Manual de Carreteras: suelo y pavimentos

1.3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

Con la finalidad de la determinación de las características físicas y mecánicas de un suelo a nivel de subrasante se lleva a cabo estudios mediante ejecución de excavaciones exploratorias o llamados calicatas de 1.50 m de profundidad mínima; realizando una excavación por kilómetro o de acuerdo al tipo de carretera. Para determinar la cantidad de calicatas a realizar por cada kilómetro estará de acuerdo a la tabla 2.

Tabla 2: Tabla de calicatas por el tipo de carreteras

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

Fuente: Manual de Carreteras: suelo y pavimentos

1.3.3. DESCRIPCIÓN DE SUELOS.

1.3.3.1. GRANULOMETRÍA

La granulometría es el procedimiento manual o mecánico por el que se puede separar las partículas constituidas en proporción a su tamaño de un suelo. Tiene la finalidad de determinar las proporciones de las partículas constituyentes del suelo y clasificarlos de acuerdo a su tamaño.

De acuerdo a su dimensión las partículas constituyentes del suelo, se clasifican de la siguiente manera (ver Tabla 3):

Tabla 3: 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: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de carreteras

Para separar los tamaños de las partículas del suelo se utiliza el análisis por tamizado (Ensayo MTC E-107). Está conformado por mallas de diferentes aberturas las cuales proporcionan el tamaño máximo del agregado de cada una de ellas. Los pesos de cada tamaño de partículas retenidas en las mallas se expresan como porcentajes con respecto al peso total de la muestra.

En la Tabla 4. Se muestran los tamices con sus aberturas utilizados en el ensayo de granulometría; estos tamices son de material de aluminio y tiene el objetivo de retener en cada malla las partículas de suelo que cuentan con mismas dimensiones, de esa manera se va clasificando el suelo desde las partículas con dimensiones de 3” hasta partículas de 0.075 mm. Después de la retención de suelo en cada malla, se pesa el suelo retenido y se toma apunte de ello para poder realizar cálculos respectivos y encontrar la granulometría del suelo.

Tabla 4: Tamices de Granulometría

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75.000
2"	50.800
1 ½"	38.100
1"	25.400
¾"	19.000
3/8"	9.500
Nº4	4.760
Nº10	2.000
Nº20	0.840
Nº40	0.425
Nº60	0.260
Nº140	0.106
Nº200	0.075

Fuente: MTC E 107-2000

Es necesario que la distribución granulométría de un suelo sea adecuada ya que garantiza el buen comportamiento ante las cargas ocasionadas por los vehículos. “Para que el suelo tenga mayor soporte es vital que cuente con un porcentaje de gravas, porcentaje de arena y un porcentaje de finos, de esta manera se conseguirá una disminución de vacíos y una consistencia adecuada” (MTC, 2013, b).

Dos modelos de granulometría:

- **Granulometría continua:** Es aquel que cada tamiz retiene partículas de suelo, lo que hace que cada malla tenga porciones similares, haciendo que la curva granulométrica sea continua. A este modelo de suelo se considera bien graduados.
- **Granulometría discontinua:** los tamices que no están por orden de tamaño, haciendo que la curva sea en partes planas y curvas en otro lado. Se considera suelo mal graduado.

Curva granulométrica: la prueba granulométrica se usa para la comparación de diferentes suelos, para ello se requiere de los siguientes parámetros.

- **Diámetro efectivo (D10):** Es aquel diámetro en la curva de distribución del tamaño de las partículas correspondiente al 10%.
- **Coefficiente de uniformidad de Hazen (Cu):** Es como una medida simple de uniformidad del suelo y está dado por la ecuación:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Dónde:

D_{60} = diámetro correspondiente al 60% de finos.

Se considera un suelo bien graduado si, el C_u para gravas es mayor que 4 y para arena es mayor que 6. ($C_u > 4$ en grava, y $C_u > 6$ en arena)

En la Figura 1. (Ver Figura 1.) Se muestra la curva granulométrica, según su diámetro con respecto al coeficiente de uniformidad.

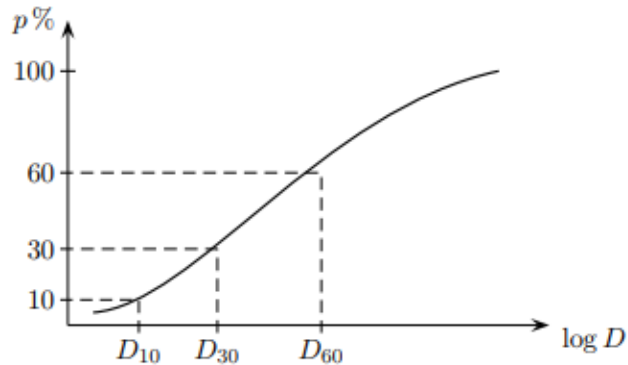


Figura 2.1: Esquema de curva granulométrica

Figura 1: Interpretación de la curva Granulométrica

Fuente: Fundamentos de Geotecnia

- **Coefficiente de curvatura (CC):** es aquel índice necesario que se requiere para definir la graduación de las partículas y se expresa como:

$$C_u = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Dónde:

D_{30} = diámetro correspondiente al 30% de finos.

Para una óptima graduación se debe considerar que las gravas y arenas estén entre un valor de 1 y 3 respectivamente.

1.3.3.2. PLASTICIDAD

Es la propiedad de los suelos para poder deformarse, cuando existe cierto límite de humedad sin que esta pueda agrietarse. De modo que la propiedad de plasticidad de un suelo no depende de sus partículas gruesas que lo conforma, sino que depende solo de las partículas finas.

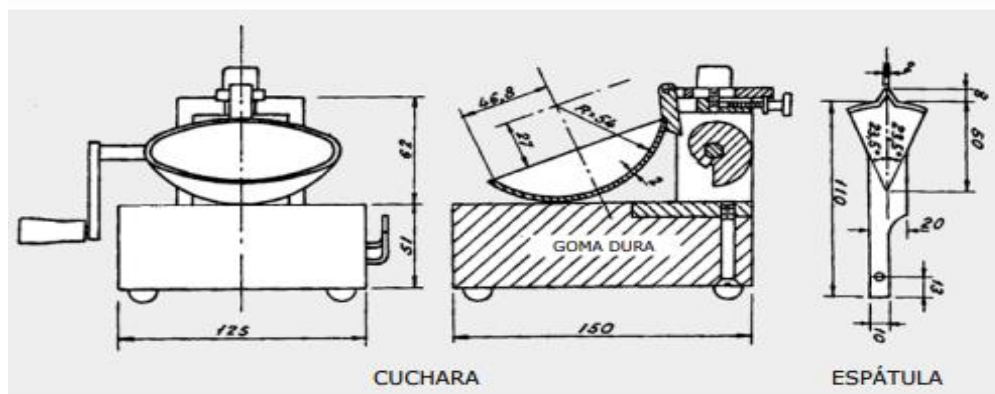
Según Badillo y Rodríguez. “La plasticidad es una propiedad del suelo, quien es capaz de soportar cargas sin que exista una alteración de volumen, sin rebote elástico, sin agrietarse y deformarse” (2011, p. 127).

Para poder determinar la plasticidad de un suelo se usa el método de límites de Atterberg o límites de consistencia, la cual relaciona el grado de plasticidad de un suelo con el contenido de humedad (agua), señalado en función del peso seco de la muestra.

El **Límite líquido (LL)**. Se establece como el contenido de agua, denominado en porcentaje, con respecto al peso del suelo seco, el cual cambia de estado líquido a plástico.

Según BRAJA (2013):

Para el procedimiento de la prueba de límite líquido se utiliza un dispositivo que se compone de una taza de bronce y una base de caucho duro. La taza de bronce se suelta sobre la base de caucho duro por una leva manipulada por una manivela. Para el ensayo se coloca una porción de masa de suelo en la taza, se extiende teniendo cuidado de no realizar burbujas de aire, luego se divide el suelo por el centro de la masa de suelo, usando la espátula. Luego la taza se sube con la leva, a una altura de 10mm y se deja caer sobre la base de caucho duro. El contenido de agua, medido en porcentaje, que se requiere para cerrar una anchura de 12.7 mm a lo largo de la parte inferior de la ranura después de 25 golpes se establece como el limite líquido (p. 65). (Ver Figura 2).



*Figura 2: Cuchara de Casagrande
Fuente: Manual de Carreteras Vol. 2*

El **Límite plástico (LP)** consiste en medir el contenido de agua de un suelo, para el cual no se pueda realizar moldes de cilindros de 3 mm. “La prueba consiste en realizar rodados repetidos en forma elipsoidal con porciones de la masa de suelo sobre una lámina de vidrio, se forma cilindros hasta 3 mm luego se repite el procedimiento hasta que no se pueda realizar los cilindros del mismo diámetro” (Braja, 2013, p. 65).

El **Límite de contracción (LC)** Es el contenido de agua medido en porcentaje en relación con peso seco de la muestra.

Crespo sostiene que:

El modo de análisis del límite de contracción se basa en la relación de humedad que tiene el suelo, es decir con una reducción de agua no ocasiona una deducción en el volumen del suelo, pero si aumenta el contenido de agua causara un aumento de volumen en el suelo (2004, p. 81).

Para determinar el índice de plasticidad, solo se debe restar el límite líquido y el límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

De acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones menciona que:

El **Índice de Plasticidad** determina la medida del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Si el índice de plasticidad resulta ser grande, significa que el suelo cuenta con alto porcentaje de arcillas; por el contrario, si un índice de plasticidad resulta ser pequeño se define que el suelo es poco arcilloso (2013, p. 37).

La relación de índice de plasticidad con respecto al tipo de suelo, se clasifican de la siguiente manera (Ver Tabla 5).

Tabla 5: Clasificación de suelo según índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy 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: Manual de Carreteras

1.3.3.3. HUMEDAD NATURAL

La humedad natural es una propiedad física del suelo; se define por la relación entre el peso del agua y el peso de las partículas sólidas, para un volumen de muestra dada.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013), sostiene:

La fijación de humedad natural de un suelo (Ensayo MTC E 108) permite realizar una comparación con la humedad recomendable, que se adquiere del ensayo de Proctor para conseguir el CBR del suelo. Si en los resultados resulta que la humedad natural es igual a la humedad recomendada, la

compactación de suelo será normal. Por otro lado, si la humedad natural resulta ser mayor a la humedad recomendada, la energía de la compactación deberá ser aumentada, secar el suelo, o sustituir el material de suelo (p. 39).

1.3.3.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Para Kraemer (2004, p.37), “La clasificación de suelo consiste en la repartición metódica de los diferentes tipos de suelos en una serie de grupos tales que cada uno tiene propiedades geomecánicas y comportamientos similares”.

La clasificación de suelo se efectúa bajo dos sistemas más usados, sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el sistema ASTM o sistema USCS (Unifiet Soil Classification System).

- **Sistema de clasificación AASHTO**

El Sistema de clasificación American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) fue desarrollado en 1929. Clasifica el suelo en siete grupos básicos que son numerados desde el A-1 hasta A-7, estos grupos señalan que tipo de suelo es útil para ser usado como material de subrasante, subbase o base de la estructura de un pavimento. La medición numérica de la calidad de suelo determina el índice de grupo (IG).

El índice del grupo muestra la capacidad de un suelo definitivo para asentar explanaciones. Mientras más bajo sea el índice de grupo (IG), mejor será la calidad de las partículas de suelo.

Tabla 6: Sistema de Clasificación AASHTO

Clasific. General	Suelos Granulares (≤ 35% pasa 0,08 mm)						Suelos Finos (> 35% Bajo 0,08 mm)				
Grupo	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*			A-7-5** A-7-6**	
2 mm	≤ 50										
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35			≥ 36				
WL				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
	** A - 7 - 5 : IP ≤ (wL - 30)					** A - 7 - 6 : IP > (wL - 30)					
	$IG = (B / 0,08 - 35)(0,2 + 0,005 (wL - 40)) + (B / 0,08 - 15)(IP - 10) \times 0,01$										
	* Para A - 2-6 y A - 2-7 : $IG = (B / 0,08 - 15)(IP - 10) \times 0,01$ Si el suelo es NP → $IG = 0$; Si $IG < 0 \rightarrow IG = 0$										

Fuente: Manual de Carreteras

En la tabla 6, se muestra la tabla de clasificación de suelo bajo el sistema AASHTO, la cual los tipos que establece son:

Grupo A – 1 – a: Define al grupo de suelo con alto porcentaje de gravas y bajos porcentajes de finos.

Grupo A – 1 – b: Define a suelos con porcentaje de arenas con o sin finos de la granulometría bien definida.

Grupo A – 2 – 4: Suelos de material granular con partículas finas limosas

Grupo A – 2 – 5: Suelos intermedios

Grupo A – 2 – 6: Suelo granular con partículas finas arcillosas.

Grupo A – 2 – 7: Intermedio

Grupo A – 3: Suelo con una granulometría deficiente, que no contiene ni grava y suelos finos.

Grupo A – 4: Principalmente suelos con partículas finas limosas.

Grupo A – 5: Tipos de suelo poco frecuentes que contienen partículas finas limosas, generalmente elásticas y difíciles de compactar.

Grupo A – 6: Contiene partículas finas limosas o arcillosas con un límite líquido bajo.

Grupo A – 7 – 5: Suelos con arcillas y limos más plásticos.

Grupo A – 7 – 6: Suelos con arcillas y limos más plásticos.

- **Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS)**

El sistema SUCS o conocido como clasificación ASTM fue presentado por el ingeniero austriaco Arthur Casagrande en el año 1942 para la realización de aeropuertos. Este sistema de clasificación (SUCS) se utiliza para describir la textura y el tamaño del suelo, se divide en partículas finas, partículas gruesas, suelos orgánicos y se utiliza para casi todos los trabajos de geotecnia.

El sistema de clasificación SUCS divide al suelos en grava y finos, en función del suelo pasante de la malla N° 200. Los suelos de partículas entre 4.75 mm hasta 76.2 mm lo clasifica en gravas y arenas, a su vez lo clasifica dependiendo al porcentaje de finos que pasa por el tamiz N° 200.

Para su clasificación se hace uso de la granulometría de suelo mediante el tamizado. En la siguiente tabla (Ver Tabla 7) se muestra la denotación de los dos sistemas de clasificación de suelo más utilizados por los ingenieros. Sistema AASHTO y SUCS

Tabla 7: Correlación de Tipos de Suelos AASHTO – SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS 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: Manual de Carreteras

1.3.3.5 ENSAYO DE PROCTOR

La compactación es el proceso artificial o mecánico, del cual se espera conseguir mejores rasgos en los suelos que forman la sección estructural de un pavimento o carretera, con la finalidad de que la obra resulte duradera y cumpla con el objetivo por el cual fue proyectada.

Ensayo de proctor es el proceso que implica reducir los vacíos presentes en un suelo, conduciendo a una variación de volumen para un porcentaje de humedad; la compactación no reduce en su totalidad los espacios vacíos y no se expulsa toda la humedad por esta razón la condición de un suelo compactado en carretera es un suelo que se encuentra parcialmente saturado.

Para la compactación de suelo se realizan por dos tipos de ensayo de Proctor:

A) ENSAYO DE PROCTOR ESTÁNDAR

Para el proctor estándar, la compactación de suelo se realiza con un molde de volumen 943.3 cm³, diámetro de 101.6 mm y se utiliza un pistón de peso 24.5 N, este pistón tiene una caída libre de una altura de 304.8 mm. El proceso de prueba de laboratorio consiste en ubicar el molde en una base metálica con extensiones en los costados como se observa en la Figura 3; luego se coloca el suelo previamente humedecido en tres capas, cada capa es compactada con el pistón a 25 golpes.

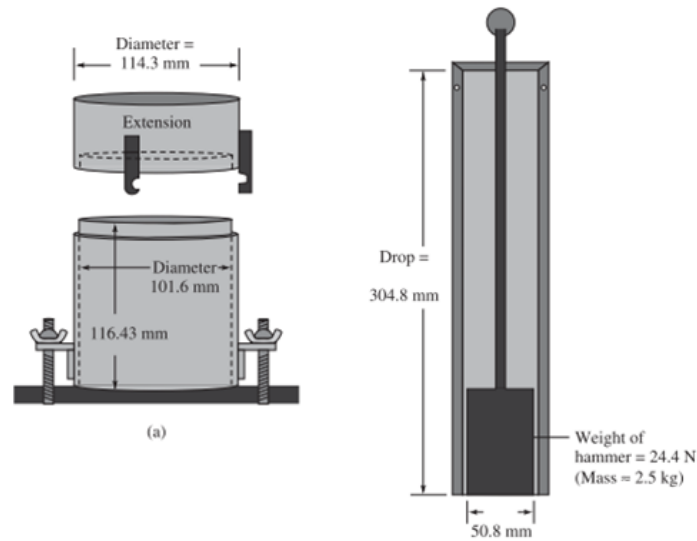


Figura 3: Equipo de prueba de ensayo de Proctor estándar (a) Molde y (b) Pistón
Fuente: Manual de Carreteras Vol. 2

B) ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

La prueba de Proctor Modificado es un ensayo mejorado del Proctor Estándar y está regido por la norma Prueba D – 1557 de la ASTM y Prueba T – 180 de la AASHTO; esta mejora se debió al implemento de los rodillos y su utilidad en la compactación en campo. En la prueba de Proctor modificado se hace utilidad del mismo molde de volumen 943.3 cm³, como en el proceso del Proctor Estandar, no obstante, el suelo de muestra es compactado en cinco capas de 25 golpes cada una, con la ayuda de un pistón de peso 44.5 N a una caída de 457.2 mm. La energía de compactación por volumen unitario de suelo en la prueba de ensayo modificada se determina con la siguiente manera.

$$E = \frac{(25 \frac{\text{golpes}}{\text{capa}})(5 \text{ capas})(44.5 \times 10^{-3} \text{ x kn})(0.4572 \text{ m})}{943.3 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 2696 \text{ KN} - \text{m}/\text{m}^3$$

Puesto que el esfuerzo de compactación incrementa, el ensayo de Proctor Modificado tiene un incremento del peso específico seco máximo del suelo.

1.3.3.6 ENSAYO DE CBR

Botia (2015), sostiene:

El ensayo de CBR fue propuesto por la división de Carreteras de California en 1929, cuyo objetivo fue darle una clasificación a la capacidad del suelo para ser usado en la subrasante o material de suelo base, en la estructura de una carretera. Este ensayo tiene la finalidad de medir la resistencia al corte de suelo bajo un estado de densidad y humedad controladas (p. 133).

Para realizar el ensayo se hace previamente una mezcla de muestra de suelo con la cantidad de agua requerida para adquirir la humedad óptima, conseguida en el ensayo de Proctor, luego se compacta al 95% de la máxima densidad seca, seguidamente realizar el ensayo de CBR, donde se coloca el pistón metálico (0.5 pulgadas cuadradas de área) encima de la muestra y se penetra hasta el fondo del molde manteniendo una velocidad constante. El CBR se define como la fuerza necesaria que requiere el pistón metálico para penetrar el suelo a una profundidad determinada.

Es importante tener en cuenta que antes de calcular la resistencia de penetración, se confeccionan tres probetas las cuales son saturadas por tiempo de 96 horas para simular las condiciones de trabajo. Después son sometidas a distintas energías de compactación, a 10, 25 y 56 golpes.

1.3.4. SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO

Los suelos con arcilla son aquellos cuya composición granulométría tiene un peso especial de partículas pequeñas menores a 0.002 mm y estas partículas están compuestas por minerales como silicato de hierro, aluminio, magnesio, etc.

“Las arcillas se califica como aquellas partículas que tienden a ser plásticos cuando contiene una cantidad limitada de agua, por lo que tiene baja capacidad portante” (Braja, 2013, p. 28).

Kraemer (2004), menciona que:

Los suelos cohesivos son aquellas que están compuestos por minerales de arcilla; estructuralmente está compuesto por enlace de tetraedro y octaedro de sílice, el tamaño de sus partículas es inferior de 0.0063 mm por esta razón presenta gran área; tiene la característica de detener gran cantidad de agua, lo que genera su variación de volumen haciendo que se hinchen y se expandan perdiendo su capacidad de resistencia (p.36).

La subrasante con alto contenido de arcillas tiende a ser inestable, puesto que a la presencia de agua tiene un comportamiento plástico, haciendo que la capa sea poco resistente bajo las cargas transmitidas por el tránsito. Los manuales de diseño de carretera recomienda modificar el suelo

con métodos de estabilización como la cal, cemento, sulfato, o en otros caso cambiar el suelo de subrasante por otro material resistente.

1.3.5. ESTABILIZACIÓN DE SUELO

La Unidad de Investigación de la Universidad de Costa Rica (2008), sostiene que:

La estabilización tiene la finalidad de mejorar las propiedades de un suelo, combinando o mezclando materiales de diversos tipos de suelo alcanzando su graduación deseada (estabilización mecánica), también se mezcla el suelo con aditivos disponibles en el mercado (estabilización física y/o química) para mejorar su textura, plasticidad y graduación (p.6).

El objetivo principal de la estabilización es mejorar su resistencia mecánica, haciendo que las partículas de suelo tengan mayor unión disminuyendo los vacíos y asegurando que la humedad de suelo varíe en los rangos adecuados. Una buena estabilización de suelo logra tener una buena durabilidad de la capa, una adecuada estabilidad ante las cargas y una mínima variación volumétrica.

Existen varios tipos de estabilización empleados en la actualidad: la estabilización mecánica, química (cal, cemento, entre otros), por medios eléctricos, estabilización por drenaje, etc.

1.3.5.1. ESTABILIZACIÓN MECÁNICA

La estabilización mecánica tiene la finalidad de mejorar el material del suelo existente, sin afectar su composición básica y estructura. Para lograr la estabilización mecánica se toma como herramienta la compactación, proceso artificial que tiene la finalidad que las partículas de suelo estén más en contacto, reduciendo su volumen de vacíos que se encuentran presentes en el suelo.

Estabilización por compactación

Ugaz (2006), sostiene que el método de compactación es:

Aquel método más utilizado y el más antiguo de estabilización, que consiste en incrementar la densidad del suelo con un contenido de agua definitivo para conseguir una reducción en el relación de vacíos, disminución del contenido de agua por filtración y aumento de fricción interna, teniendo como resultado de estos cambios un incremento de su resistencia (p. 8).

De acuerdo a la cita, la compactación de un suelo tiene como objetivo de disminuir los vacíos de aire, haciendo que el suelo disminuya su volumen y sea resistente ante las cargas expuestas por el tránsito vehicular.

Ramos (2014), sostiene que:

Cuando se compacta un suelo se puede obtener el incremento de su densidad, por lo tanto se obtendrá un mejor desplazamiento de las fuerzas que actúan sobre la subrasante de suelo; además se tendrá una mayor estabilidad; ya que si no se realiza la compactación de un suelo, este ocasiona asentamiento afectando la estructura del pavimento. También se obtendrá una reducción de la contracción del suelo; ya que los espacios vacíos serán disminuidos, provocando una mayor resistencia (p. 52).

Para tener una buena compactación se debe realizar análisis de terreno, para poder elegir el equipo que será mejor para la eliminación de vacíos, poder determinar el grosor de capas y el número de pasadas para cumplir con las especificaciones técnicas de densidad seca.

1.3.5.2. ESTABILIZACIÓN QUÍMICA

Con respecto a la estabilización química, Junco sostiene que:

La estabilización química tiene por finalidad de utilizar ciertas sustancias químicas para optimizar las características de los suelos; esta sustancia causa un reemplazo de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos incluidos en el proceso, ocasionando una reducción de su plasticidad y haciendo que el suelo sea más resistente a las cargas transferidas por los vehículos y a las condiciones ambientales (2011, p. 3).

Para realizar una estabilización química en la subrasante de suelo, se debe tener en cuenta las varias opciones de estabilización de acuerdo al tipo de suelo en la que se aplicara, puesto que cada aditivo químico es eficaz de acuerdo tipos de suelo en la que se encuentre.

“El objetivo principal de la aplicación de un estabilizador químico es proporcionar al suelo, en un espesor determinado, ciertas características propensos a optimizar sus propiedades de comportamiento ya sea en la etapa de construcción o el tiempo de servicio” (Gutiérrez, 2010, p 11).

1.3.6. MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELO

1.3.6.1. ESTABILIZACIÓN CON CAL

Braja (2013), hace mención que:

La estabilización con cal se aplica principalmente en los suelos de grano fino y se utiliza para mejorar su resistencia o capacidad portante y reducir su plasticidad, de tal manera que los cambios volumétricos van a disminuir; también produce reacciones químicas como intercambio catiónico, reacciones puzolánicas, incrementa la manejabilidad y permeabilidad, incrementa el límite de contracción y disminuye el índice plástico al igual que el límite líquido (p. 267).

La cal utilizada para estabilizar suelo puede ser cal viva o cal hidratada; la adición de este aditivo al suelo ocasiona la absorción de contenido de humedad acelerando su compactación. El suelo con cal mejora su resistencia y forma barreras impermeables la cual impiden que el agua de lluvias penetre la subrasante. La cantidad de cal necesaria para la estabilización va depender del tipo de suelo que se quiera tratar.

Para suelos arcillosos con alto contenido de humedad se requiere utilizar cal viva en polvo, ya que la cal absorbe el agua, reduciendo el índice de humedad, logrando que su compactación sea más favorable, aumentando su resistencia y disminuyendo su volumen. Por el contrario, para suelos arcillosos secos no se recomienda utilizar la cal viva, puesto que se necesitara realizar un riego luego del tratamiento para llegar a la humedad óptima Proctor. En este caso es necesario utilizar la cal hidratada, es decir cal mezclado con agua.

1.3.6.2. ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO

La estabilización con cemento resulta ser muy eficaz para los suelos arcillosos y arenosos, el cemento ayuda a aumentar la fuerza con el tiempo de curado y su resistencia.

La adición del cemento al suelo genera dos procesos: primero, por el contenido de silicato de calcio que contiene el cemento hace que el contenido de humedad del suelo (agua) se conviertan en alcalinos. Segundo, cuando los iones de calcio son impregnados por el suelo, el cemento se llega a unir a sus partículas, para originar una consistencia que aumenta la resistencia al corte de suelo.

Sobre la estabilización con cemento, Gutiérrez (2010), sostiene que:

Para que el proceso sea tolerable es necesario modificar el contenido de humedad del suelo, compactar a la máxima densidad e introducir suficiente cemento para que disminuya la pérdida de peso o se provoquen cambios de volumen y humedad. Casi todos los suelos pueden tratarse con este método, pero si las partículas de suelo son mal graduados se requerirá mayor cantidad de cemento para alcanzar el efecto querido (p. 12).

El material suelo cemento es la mezcla de suelo a tratar con el cemento y agua, que luego es compactada y curada de forma adecuada, una vez seco se convierte en un material endurecido, con alta resistencia; pero no tiene la misma resistencia que un concreto, ya que los granos de suelo no están envueltos por la masa de cemento, sino que están puntualmente unido entre sí.

Los tipos de suelos más convenientes para este método de estabilización con cemento, son los suelos granulares de tipo A-1, A-2 y A-3, que se encuentran mezclados con finos de plasticidad baja o media ($LL < 40$, $IP < 18$). El rango de cemento requerido para la estabilización va depender de las cualidades de suelo, según la clasificación de suelo AASHTO (Ver Tabla 8).

Tabla 8: Rango de cemento requerido en estabilización de suelo

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3 - 5
A-1-b	5 - 8
A-2	5 - 9
A-3	7 - 11
A-4	7 - 12
A-5	8 - 13
A-6	9 - 15
A-7	10 - 16

Fuente: Manual de Carreteras

Para su compactación es bueno que se inicie después que se determinó el contenido de humedad o en todo caso, en menos de una hora a partir del mezclado, y debe tener una duración de entre 2 y 4 horas, de acuerdo a las condiciones ambientales. “Para la capa de subrasante, se debe de cumplir con una compactación mínima 95% según AASHTO T-180, y en la capa de afirmado el mínimo de compactación es de 100%” (MTC, 2013, p. 118).

1.3.6.3. ESTABILIZACIÓN CON ASFALTO

La mezcla suelo – asfalto tiene por finalidad de aumentar la estabilidad del suelo, así como hace que sea impermeable ante la presencia de agua, por lo que es menos sensible ante los cambios de humedad.

La cantidad del ligante asfáltico depende de la granulometría de los suelos, de su contenido de humedad y de las condiciones del clima. Por lo general este tipo de estabilizador se aplica para suelos granulares con cantidades bajas de finos de poca plasticidad ($LL < 30$ e $IP < 10$). Para que la mezcla sea la más adecuada se debe utilizar un ligante de curado y rotura más lentos, esto se aplicara tanto en zonas de alta temperatura y bajas temperatura; con la diferencia que en temperaturas altas los productos de curado serán más viscosos.

Con respecto a la composición de la estabilización con asfalto, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones sostiene que:

La estabilización con emulsión asfáltica se compone de asfalto, agua y un agente químico utilizado para la emulsificación del suelo. El más utilizado como emulsión asfáltica es el cemento asfáltico, que constituye el 50 – 75% de la emulsión; su emulsión de fraguado depende del porcentaje de cemento asfáltico que se emplea. Este tipo de emulsión se puede utilizar para todo tipo de suelo, pero en el caso de las arcillas solo logra su impermeabilidad (2013, p. 125).

De acuerdo a la cita, la estabilización asfáltica se puede utilizar en diferentes tipos de suelo; la cantidad óptima de asfalto será de acuerdo a los estudios de suelo realizados en el laboratorio.

1.3.7. POLÍMEROS SINTÉTICOS

Los polímeros sintéticos son macromoléculas formadas por unidades pequeñas que se encuentran unidas por enlace covalentes. Estas son pequeñas moléculas que se enlazan entre sí mediante un proceso químico; la cual se denominan monómeros. La unión de todas estas pequeñas moléculas da lugar a una estructura de constitución repetida en el polímero y la unidad que se repite regularmente a lo largo de toda la molécula, se denomina con el nombre de elemento monómero.

Dependiendo de su origen los polímeros pueden ser sintéticos y naturales. Los polímeros sintéticos son aquellos que se obtiene por síntesis, ya sea de una industria o en un laboratorio y que tiene en su estructura moléculas repetidas, que son más utilizados a diario; los polímeros sintéticos podemos encontrar en los polietileno, nylon o poliestireno (tecnoport), cloruro de polivinilo, polipropileno, entre otros.

1.3.7.1. ESTRUCTURA DEL POLIETILENO

Para definir el polietileno, Roca sostiene al respecto:

El polietileno es un polímero sintético termoplástico que se consigue por la condensación con el etileno. Es un material cristalino y deformable, posee un color blanquecino y translucido. En el mercado se pueden encontrar diferentes tipos de polietileno, ya que son el efecto de las diferentes condiciones de operación, usadas en la reacción de polimerización (2005, p. 2).

Químicamente las moléculas del polietileno están compuestas por 2 átomos de carbono y 4 átomos de hidrógeno, la cual se están unidos por un enlace covalente. Este enlace se va repitiendo para formar el polietileno (Ver Figura 4).

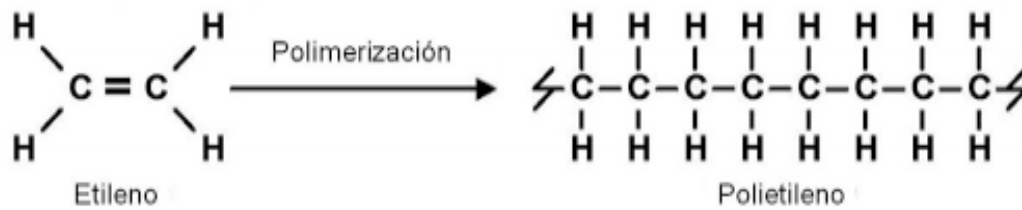


Figura 4: Estructura del Polietileno
Fuente: Sapon, 1999

1.3.7.2. CLASIFICACIÓN DE POLIETILENO

El polietileno se fabrica de alta y baja densidad. La fabricación de polietileno de alta densidad posee un color cristalino y se utiliza en la elaboración de objetos plásticos, tales como juguetes, botellas, gabinetes de radio y televisión. Mientras que el polietileno de baja densidad, es amorfo y se emplea para hacer bolsas, aislante térmico, entre otros.

- **POLIETILENO TEREFALATO (PET)**

Es un polietileno que pertenece a la familia de los termoplásticos lineal, con alto contenido de cristalinidad. Este polietileno es un material que es moldeado a ciertas temperaturas, pudiendo repetirse este ciclo varias veces.

Las propiedades físicas del PET son la alta transparencia, baja permeabilidad a los gases, alta resistencia al desgaste y corrosión, buen coeficiente de deslizamiento y es un material reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica. Por su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas, el PET es material a desarrollado mayor producción de fibras textiles y en una variedad de envases, en especial en la producción de botellas, bandejas, fletes y láminas. En la Figura 5, se puede apreciar el símbolo de identificación de un PET.



Figura 5: Símbolo e imagen de polietileno tereftalato
Fuente 1: Roly Leiva Gonzales, 2016

- **POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE)**

Es un polietileno termoplástico que está conformado por unidades repetidas de etileno; tiene características de resistencia térmica, química, tiene mayor flexibilidad y baja permeabilidad al vapor de agua. Se adquiere por la polimerización del etileno a altas presiones por el mecanismo radicales libres. Su consistencia comprende entre 0.910 a 0.925 g/cm³.

Las aplicaciones de polietileno de baja densidad se pueden encontrar productos de bolsas plásticas, botellas retornables, fabricación de juguetes, sacos de plásticos, bolsas de dormir, entre otros. En la figura 6, se muestra el símbolo identificación de un polietileno de baja densidad.



*Figura 6: Símbolo e imagen de polietileno de baja densidad
Fuente: Roly Leiva Gonzales, 2016*

- **POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)**

Para la definición de polietileno de alta densidad, Roca sostiene lo siguiente:

Un polietileno de alta densidad es aquel que posee una estructura lineal y con muy pocas ramificaciones; este polímero se adquiere por la polarización del etileno a presiones relativamente bajas utilizando como catalizadores Ziegler-Natta, denominado también como Proceso Phillips, pero existe otro catalizador; los catalizadores metalocenos, que solo se utiliza para adquirir polietileno de alta masa molecular (PEAD-UAPM o sus siglas en ingles UHMWPE). Su densidad comprende entre 0.941 a 0.954 gr/cm³, es un material incoloro y no toxico, es resistente a los esfuerzos como agentes químicos (2005, p. 4).

El polímero de alta densidad es un polímero sintético que tiene mayor producción en el mundo, para el beneficio del ser humano. En su aplicación lo podemos encontrar en contenedores de leche, agua, botellas de detergente y lavandina. El símbolo representativo es HDPE (Ver Figura 7).



*Figura 7: Símbolo e imagen de polietileno de alta densidad
Fuente: Roly Leiva Gonzales, 2016*

1.3.8. ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON POLÍMEROS

Los polímeros sintéticos se utilizaron desde inicios de la década de los 50, como un agregado para mejorar ciertas propiedades de los suelos; pero debido a su alto costo y a las altas cantidades que se requería para el mejoramiento, se limitó fuertemente su uso.

Para la utilidad del polímero en un suelo, López sostiene al respecto:

El uso de polímeros para mejorar un suelo inestable tiene como objetivo formar una estructura impermeable al agua y reducir la resistencia al esfuerzo cortante mejorando su compactación. Por lo que este material es conocido como un agente que mejora la compactación de un suelo de baja capacidad portante (2010, p. 36).

El polímero es un material de fácil plasticidad, impermeable y resistente al corte, por lo que su aplicación en la mejora de un suelo tendría resultados significativos con respecto a su resistencia y permeabilidad de un suelo.

Choque (2008), sostiene lo siguiente:

Los polímeros se distinguen de los materiales con moléculas tamaño normal, por sus propiedades mecánicas, ya que los polímeros se caracterizan por tener buena resistencia mecánica; esto se debe a las fuerzas de atracción de sus cadenas poliméricas y su atracción depende de la composición química del polímero; la más común es las fuerzas de Van der Waals, la cual son de alta resistencia a la tensión, al impacto y a la fatiga. (p. 23).

El polímero sintético es el polímero más utilizado por las distintas industrias, y es creado por el hombre. La utilización de polímero en la estabilización de suelos tiene la finalidad de aumentar su resistencia, generando estabilidad de los agregados y reducción de la dispersión de las arcillas.

Los polímeros operan como un agente catalítico de intercambio iónico sobre la fracción activa de las partículas de arcillas reduciendo el potencial electrostáticos de las partículas, quitándoles la capacidad para absorber agua. Esta reacción logra que el suelo tenga mayor capacidad de resistencia ante las cargas expuestas de los vehículos y tenga una estabilidad permanente.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Qué efecto tiene el uso de polímero sintético en la estabilización de la subrasante de suelo arcilloso en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas?

1.4.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ✓ ¿Cómo el uso de polímero sintético influye en el valor de soporte (CBR) para la estabilización en la subrasante de suelo arcilloso en la carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas?
- ✓ ¿Cuál es el efecto del uso de polímero sintético en la expansión de subrasante de suelo arcilloso de la carretera Chachapoyas - Huancas?
- ✓ ¿Qué efecto tiene el uso de polímero sintético en la densidad máxima seca de subrasante de suelo arcilloso de la carretera Chachapoyas - Huancas?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Desde ámbito teórico, se propone el uso de polímeros sintéticos como una adición en la estabilización de subrasante arcilloso, con el objetivo de analizar los efectos que ocasiona a las propiedades como su resistencia, expansión y densidad seca. Siempre yendo acorde de las normas técnicas de diseño de carreteras y normas técnicas de ensayos de laboratorio de suelo.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La aplicación del método de estabilización con polímeros sintéticos que mejore la calidad de subrasante de suelo arcillosa, servirá para que empresas constructoras se animen a utilizar este método, contribuyendo con el mejoramiento de las vías en mal estado. También será una iniciativa a que puedan utilizar el polímero en otros problemas de ingeniería vial.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

En la base económica el polímero presenta una optimización de materiales debido a su bajo costo y a su facilidad para conseguirlo; por lo que tiene un ahorro significativo para las empresas.

1.5.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Los polímeros sintéticos son aquellos que se utilizan para elaborar las botellas desechables, bolsas plásticas, tuberías de PVC, entre otros; todos estos materiales son no degradables y que son perjudiciales para el medio ambiente. La ventaja de utilizar el polímero sintético es que es un material reciclable y con facilidad de poder conseguirlo.

1.6. HIPÓTESIS:

1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La inclusión del polímero sintético a la subrasante de suelo arcilloso mejora sus propiedades de estabilización de la carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas.

1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- ✓ El uso del polímero sintético tiene un efecto significativo en su CBR para la subrasante de suelo arcilloso en la carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas.
- ✓ La aplicación del polímero sintético en la subrasante de suelo arcilloso mejora la expansión de la carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas.
- ✓ La aplicación del polímero sintético en la subrasante de suelo arcilloso aumenta la densidad seca máxima de la carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVOS GENERALES

- ✓ Analizar el efecto que causa la adición de polímero sintético en la estabilización de la subrasante de suelo arcilloso, carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar el efecto del uso de polímero sintético en el valor relativo de soporte (CBR) para la estabilización en la subrasante de suelo arcilloso en la carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas.

- ✓ Determinar el efecto del uso de polímero sintético en la expansión de la subrasante de suelo arcilloso de la carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas.
- ✓ Determinar el efecto que causa en la densidad seca de una subrasante de suelo arcilloso con la adición de polímero, carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas.

II. METODOLOGÍA

Según Borja (2012) menciona que: “El método científico es una serie de etapas que se tiene que seguir para obtener respuesta a los problemas que se presentan en la naturaleza, con la finalidad de establecer la razón con los hechos” (p. 8).

El proyecto de investigación es de método científico, ya que existe un problema de estabilidad de suelo arcilloso y se precederá a la búsqueda de respuestas de las preguntas de investigación para su solución.

2.1. FASES DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. ENFOQUE

Gómez (2006) nos menciona que: “El enfoque cuantitativo es aquel que tiene la propiedad de recolectar y comparar los datos de las variables estudiadas, para luego dar respuesta a las interrogantes de investigación y probar la hipótesis, hace uso de las mediciones numéricas, conteo y estadísticas” (p. 60).

Por esta razón, la investigación es de enfoque cuantitativo, puesto que se hará la manipulación de las variables para recolectar datos y de esa manera poder probar la hipótesis planteada.

2.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Carrasco (2002) menciona que la investigación aplicada: “Busca aplicar el conocimiento adquirido al problema o intervenir situaciones, para dar soluciones prácticas y controlar situaciones de vida cotidiana” (p. 42).

El tipo de investigación es aplicada, porque emplearemos una adición del aditivo de polímero sintético al suelo con presencia de partículas arcillosas, luego se analizará los resultados de cambio en sus propiedades mecánicas.

2.1.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Hernández (2012) “El nivel de investigación explicativa es la que pretende explicar la causa efecto entre dos o más variables” (p. 72).

La investigación cuenta con un nivel explicativo, porque se pretende no solo dar una descripción, sino explicar por qué el aditivo de polímero sintético mejora sus propiedades de la subrasante de suelo arcilloso.

2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Hernández (2012) nos menciona que: “El diseño experimental es el control en la que se manipula de modo intencional, una o más variables independientes para examinar las consecuencias en las variables dependientes” (p. 33).

Para la investigación el método específico es experimental ya que se tendrá el control de manipulación de modo intencional de una o más variables independientes (causa), para examinar las consecuencias de tal manipulación en las variables dependientes (efecto).

Diseño de investigación es experimental, puesto que se obtendrá resultados de un pre prueba de ensayo de laboratorio de suelos subrasante en estado natural y los resultados de una post prueba, cuando se aplique el polímero en proporciones de 3%, 6% y 9%.

Con la finalidad de analizar el efecto de la subrasante de suelo arcilloso con el método de la adición de polímero sintético (botellas y bolsas plásticas). Para la aplicación se identificara el tramo más crítico y se tomara muestras para ser analizado en el laboratorio con la aplicación del polímero en proporciones de 3%, 6% y 9% con respecto a su peso seco de la muestra de suelo, para luego ser comparados los resultados del suelo en estado natural y con la adición de polímero sintético.

2.3. VARIABLES, OPERACIONALIZACION

Borja (2012) menciona que: “Una variable es una propiedad cuyo contenido puede variar y cuya variación es susceptible de medirse y observarse en forma directa o indirecta” (p. 23).

Para la investigación se cuenta con dos variables que son:

2.3.1. POLÍMEROS SINTÉTICOS

BOTELLAS DE POLIETILENO TEREFTALATO (PET)

Como la variable independiente se tiene a las botellas polietileno tereftalato (pet), o conocido como las botellas descartables de agua, gaseosas, entre otros; material derivado del petróleo y procesado con el antimonio para lograr el pet en diminutas partículas; material que tarda

alrededor de 700 años en desconponerse ya que los microorganismos no tiene mecanismos para atacarlas, haciendo que solo por el tiempo y ante el clima expuesto logre que su enlace químico entre átomos de plástico comienza a degradarse.

En el Perú según la ONG ambiental ciudad saludable menciona que al día se desechan 430 toneladas de botellas plásticas (PET) a nivel Lima y Callao. Lo cual genera gran contaminación al medio ambiente.

Según la empresa Auslatin Peru quien fabrica polímero polycom nos dice “Los polímeros utilizados en la estabilización de suelos tiene como objetivo de mejorar sus propiedades geotécnicas como la estabilidad volumétrica del suelo, mejora su resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad. Es el tratamiento que actúa en todo el espesor de la subrasante de un camino o superficie no pavimentada, mejorando sus propiedades funcionales. Actualmente el tratamiento emplea un agente a base de polímeros. Esta solución de carácter definitivo (dependiendo de la calidad de los materiales) puede durar entre 2 a 6 años”.

2.3.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSO

De acuerdo al Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013), sostiene lo siguiente:

Los suelos que se encuentra debajo del nivel de subrasante, a una altura no menor de 0.60 m, deben ser suelos estables con una capacidad de soporte $CBR \geq 6\%$. Los suelos que tenga un $CBR < 6\%$ se clasifica como un suelo de subrasante pobre o inadecuada, para lo cual el ingeniero encargado tendrá que analizar según el origen del suelo y dar una alternativa de solución, como el aumento de energía de estabilización mecánica, el reemplazo de material de suelo, estabilización química, estabilización con geotextiles, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica (p. 23).

2.3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION
Variable Independiente					
POLIMERO SINTETICO	Los polimeros sintéticos son macromoléculas formadas por unidades pequeñas que se encuentran unidas por enlace covalentes	Estructura de polimero sintético. Tipo de polimeros sintéticos. Determinación de polimero	Propiedades químicas Variedad de polimeros Dimensiones de polimero	Referencias Referencias Granulometría (MTC E – 107)	Método: Método científico Enfoque: Cuantitativo Tipo de investigación: Aplicada
Variable Dependiente					
ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO	Una subrasante de suelo arcilloso son aquellos que poseen baja capacidad portante (CBR>3% Y CBR<6%). Por lo que necesariamente necesita ser estabilizado	Características de suelo Valor de soporte (CBR<6%) de suelo arcilloso. Incremento de densidad máxima seca.	Textura y clasificación Resistencia Expansión Densidad	Granulometría (MTC E – 107) Contenido de humedad (MTC E – 108) Límites Líquido (MTC E – 110) Límite Plástico (MTC E – 111) Ensayos de CBR (MTC E – 132) Ensayo de Proctor (MTC E – 115)	Nivel de investigación: Explicativo Diseño de investigación: Experimental

*Fuente: Elaboración Propia
Operalización de la variable Anexo N° 1*

2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.4.1. POBLACIÓN

Población: “Es un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que forman dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio” (Rangel y Giler, 2010, p. 176).

La población viene a ser todo los suelos arcillosos a nivel subrasante que están ubicados en el departamento de Amazonas. La subrasante de estudio será en la carretera de Chachapoyas – Huancas, en el distrito de Huancas, provincia de Chachapoyas y departamento de Amazonas.

2.4.2. MUESTRA

Muestra: “Una muestra es un subconjunto de la población, que se obtiene para investigar las propiedades o características de toda la población” (Tamayo, 2012, p. 176).

La muestra que se analiza es la subrasante de la carretera Chachapoyas – huancas; cuya carretera cuenta con tramos que a nivel de subrasante tiene un alto contenido de arcilla por lo que se puede decir que tiene baja capacidad portante. La longitud de la carretera Chachapoyas – Huancas es

de 8.3 km, el tramo de muestra está comprendido entre el km 4 +450 hasta el km 5 +000, este tramo se consideró el más crítico y lo cual se requirió realizar las calicatas para la toma de muestra de suelo. Las calicatas realizadas son excavaciones de 1.50 m de profundidad, un ancho de 0.80 y de largo 1.60 m.

Tamaño de muestra: En la tabla donde se detalla el número de calicatas para exploración de la norma CE-010 Pavimentos urbanos señala que para un tipo de vía colectoras realizar 1 calicata cada 1500 metros cuadrados. Así mismo, sugiere que donde se requiera mayor detalle en los estudios según la naturaleza del suelo, se tomará la delimitación de la zona, en este caso los valores respectivos de los ensayos serán solo válida para dicho sector.

Para la investigación se buscó los tramos más críticos de la carretera, y se ubicó los tres puntos diferentes, con el propósito de encontrar el tipo de suelo que cumpla con las características en sus propiedades geotécnicas adecuadas para llevar un buen término la investigación.

2.4.2.1. MUESTREO

Tamayo (2012) menciona que: “La finalidad del muestreo es la identificación de la población escogida, es lo que se saca de la muestra partiendo de la misma, puede ser escogido al azar o por criterio propio” (p. 181).

Para el muestreo en la investigación, es de tipo no probabilístico ya que la muestra no fue designada al azar. Se realizó la elección de muestra buscando el tramo más crítico.

2.4.2.2. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LA MUESTRA

El distrito de huancas es una zona con suelos accidentados ya que contiene arcilla; es así que la carretera Chachapoyas - Huancas fue trazada en suelos con contenido de arcillas.

La carretera Chachapoyas – Huancas tiene una longitud de 8.3 km, y es una carretera afirmada, pero por el paso del tiempo se ha ido ocasionando ahuellamiento y deslizamiento en algunos tramos. El tramo de muestra está comprendido entre el km 4+500 hasta el km 4+900, este tramo se consideró el más crítico y lo cual se requirió realizar las calicatas para la toma de muestra de suelo. Las calicatas realizadas son excavaciones de 1.50 m de profundidad, un ancho de 0.80 y de largo 1.60 m.

En la Imagen 1, se muestra el tramo de estudio de la carretera Chachapoyas – Huancas, la cual se delimito cada 200 m para la realización de las calicatas, tomando como primer punto (calicata

01) en el km 4+500 para la obtención de muestra de suelo; el segundo punto (calicata 02) se encuentra en el km 4+700 y como tercer punto se ubicó en el km 4+900.



Fuente: Elaboración Propia
Imagen 1: Ubicación de la población

En la Imagen 2, se muestra partes del tramo crítico de la carretera que se tomó como zona de estudio. En la imagen (a), (b) y (c), se observa las deformaciones, hundimientos y fisuras en la que se encuentra la carretera, que fue ocasionado por el paso del tiempo, por las temperaturas climáticas (lluvias) y por el bajo soporte de resistencia de la subrasante ante las cargas vehiculares, ya que cuenta con un subrasante con un alto porcentaje de finos (arcillas y limos) y bajos porcentajes de gravas y arenas.



(a)



(b)



(c)

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 2: (a), (b) y (c) muestra el estado actual de la carretera Chachapoyas – Huancas

2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.5.1. TÉCNICA

La observación fue el método que se utilizó para recolectar datos, puesto que este método está relacionado directamente con la realidad.

Como primer paso se realizó una visita de campo, se ubicó los tramos que estén en mal estado, como baches, presencia de charcos y que presenten suelos con alto contenido de arcilla, luego de ubicar el tramo de estudio que es del km 4 +450 hasta el km 5 +000, se seleccionó los puntos para la realización de calicatas. Se ubicaron tres puntos para las calicatas cada 200 metros.

Como segundo paso se realizaron las excavaciones de las calicatas en los puntos señalados previamente; las longitudes de la excavación fueron de una profundidad de 1.50 m, ancho 0.80 m y largo 1.60 m. luego se realizó el traslado de las muestras de suelo al laboratorio para su estudio básico y específico que ayuden con el desarrollo de la investigación.

CRONOGRAMA DE ENSAYOS REQUERIDOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE.

CANTIDAD DE ENSAYOS A NIVEL SUBRASANTE				
<i>NORMA</i>	ENSAYOS	CANTIDAD		
		C - 1	C - 2	C - 3
	PROPIEDADES FÍSICAS			
<i>MTC E 107</i>	Granulometría por tamizado	1	1	1
<i>MTC E 108</i>	Contenido de humedad	3	3	3
<i>MTC E 110</i>	Limite liquido	3	3	3
<i>MTC E 111</i>	Limite plástico	2	2	2
	PROPIEDADES MECÁNICAS			
<i>MTC E 115</i>	Proctor Modificado	4	4	4
<i>MTC E 132</i>	Ensayo de CBR	3	3	3
	CANTIDAD DE ENSAYOS A NIVEL DE SUBRASANTE CON DE POLÍMERO SINTÉTICO			
<i>MTC E 115</i>	Proctor Modificado	12	12	12
<i>MTC E 132</i>	Ensayo de CBR	9	9	9

2.5.2. INSTRUMENTOS:

Instrumentos que se utilizaron en campo fueron maquinaria, bolsas herméticas, wincha, pico y palana. Instrumentos que se utilizaron en laboratorio fueron equipos para estudio de suelo, manuales de laboratorio, equipos de computadora para el proceso de datos, cámara fotográfica, equipos de protección personal y materiales de apunte.

2.5.3. VALIDEZ:

Para definir la población, Carrasco (2007) sostiene que: “Esta característica de los instrumentos que se van a utilizar en la investigación radica que estos midan con exactitud y autenticidad todo aquellos resultados que se quieran medir a una variable” (p. 336).

Los instrumentos utilizados en la investigación para recopilación de datos establecidos, contara con la certificación de validez que será firmado por un especialista o técnico experto en el tema.

2.5.4. CONFIABILIDAD:

Rangel y Giler (2018), menciona que: “La confiabilidad quiere decir que cuando se utiliza un instrumento o equipo de diferentes ocasiones y nos arroja resultados coherentes o una medida a precisión y que sea confiable de forma consiente” (p. 163).

Para garantizar la confiabilidad, los instrumentos a utilizar serán calibrados antes de ser utilizados para los ensayos de estudio de suelo, tiene que existir una ficha técnica o certificación que nos garantice la seguridad que está calibrados.

2.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos tendrá un nivel de validez adecuado a las características de la investigación, debido que se hará un análisis de datos mediante las mediciones y procedimiento de los ensayos que se realizara, estos datos serán relacionados con los parámetros de las normas técnicas de carreteras, para que así nuestros datos tengan credibilidad.

2.6.1. METODOLOGÍA EMPLEADA:

Método de Observación:

Proceso de selección de los tramos críticos de la carretera Chachapoyas de huancas, distrito de huancas, donde se pudo percibir deliberadamente el tipo de suelo que hay en los tramos km 4 +500 hasta km 4 + 900.

Método Inductivo:

Se inició la investigación de casos particulares a casos generales, que se aplicaron en el laboratorio con la adición de polímero sintético para el mejoramiento la subrasante en la carretera Chachapoyas – huancas, progresiva km 4 +500 hasta km 4 + 900 del distrito de huancas.

Método comparativo:

El método comparativo se refiere a la comparación de las muestras con suelo en estado natural y con la adición del polímero sintético; el polímero a utilizar será las botellas de polietileno tereftalato (PET).

2.6.2. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

En la investigación se tuvo la siguiente secuencia: en primer lugar se realizó la localización y ubicación de la muestra, segundo se seleccionó el tramo más crítico y se delimito la zona cada doscientos metros, se extrajo la muestra de cada calicata y colocadas en bolsas especiales para que conserve su humedad natural, luego fue llevado al laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto de la institución Dirección de Transportes y Comunicaciones, Amazonas (DTC – Amazonas) para realizar los estudios pendientes para el proyecto de investigación.

2.5.3. TRABAJO DE CAMPO

En la observación y registro de los pozos exploratorios (calicatas) se notó el espesor de los estratos del suelo; empleando el procedimiento de campo (visual – manual) se ha obtenido las clasificaciones de los suelos (sistema unificado de clasificación – SUCS Y AASHTO), aspecto que se corrobora en los ensayos de laboratorio.

2.5.3.1. REALIZACIÓN DE LAS CALICATAS

Se realizaron 3 excavaciones de pozos exploratorios (calicatas) en el tramo de muestra de estudio, con una profundidad de 1.50 m, y una área de 0.80 m de ancho y 1.60 m largo, distribuidas convencionalmente a 200 m entre cada calicata en el lado izquierdo de la carretera, con el objetivo de definir las características de la subrasante y conseguir el perfil estratigráfico del suelo.

En la siguiente Tabla 9, se muestra la progresiva de cada calicata:

Tabla 9: Coordenadas Geográficas de las Calicatas

PROG. (KM)	COORDENADAS		CALICATA	PROF. (m)	LADO
	SUR	OESTE			
Km 4+500	6°12'34.01"	77°52'20.04"	C - 1	1.50	Izquierdo
Km 4+700	6°12'29.05"	77°52'15.83"	C - 2	1.50	Izquierdo
Km 4+900	6°12'23.57"	77°52'12.49"	C - 3	1.50	Izquierdo

Fuente: Elaboración Propia

CALICATA C – 01; La excavación de la calicata realizada el día 25 de septiembre en el Km 4+500, se pudo observar que contaba con un estrato de suelo con presencia de arcillas plástica en alto porcentaje, hasta el 1.50 m de profundidad. El color del estrato de suelo fue un color rojizo claro, mientras más profundidad mayor humedad se encontraba.

En la Imagen 3, se muestra la excavación en la progresiva Km 4 + 500; carretera Chachapoyas – Huancas, departamento de Amazonas.



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 3: Vista de C – 01, En la carretera Chachapoyas – Huancas

CALICATA C – 02; Se realizó el día 25 de septiembre en el Km 4+700, en cuya excavación se detectó la presencia de suelo con exceso de raíces de color marrón hasta una altura de 0.30 m, y de 0.30 m hasta 1.50 m se encontró arcilla plástica de color marrón, variando la intensidad de color con la profundidad, esto se debía a la humedad que contenía el suelo no se encontró material grava. (Ver Imagen 4).



Fuente: Elaboración Propia

Imagen 4: Vista de C – 02, En la carretera Chachapoyas – Huancas

CALICATA C – 03; La excavación realizada el día 25 de septiembre en el Km 4+900 se pudo detectar la presencia de arena orgánica de color marrón a 0.40 m, y desde 0.40 m hasta 1.50 m de profundidad se notó presencia de arcilla de color rojizo. (Ver imagen 5).



Fuente: Elaboración Propia
Imagen 5: Vista de C – 03, En la carretera Chachapoyas – Huancas

2.5.3.2. REGISTRO DE EXCAVACIONES

Después de la toma de muestras se analizó el registro visual de cada una de las excavaciones, anotándose las características de los tipos de suelo encontrados, como su humedad, su forma, textura, tamaño máximo de las partículas de suelo, color, permeabilidad, etc., así como también se efectuó el registro fotográfico de vistas en detalle de estratos encontrados y vistas panorámicas del terreno.

2.5.4. DESARROLLO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Con la finalidad de determinar las propiedades físicas y mecánicas de la muestra de suelo se desarrollaron ensayos establecidos mediante el procedimiento del Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM – 2000), aprobado por el D.S. N° 034 – 2008 – MTC, que se indican en la siguiente tabla 10:

Tabla 10: Ensayos y normas

ENSAYOS	NORMA
PROPIEDADES FÍSICAS	
Granulometría por tamizado	MTC E - 107
Contenido de Humedad	MTC E - 108
Límite líquido	MTC E - 110
Límite plástico	MTC E - 111
PROPIEDADES MECÁNICAS	
Proctor Modificado	MTC E - 115
Ensayo de Soporte (CBR)	MTC E - 132

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 10, se menciona los ensayos que se realizaran para el estudio de suelo; estos ensayos nos ayudaran a identificar la calidad del suelo, así como conocer y predecir su comportamiento. Para la investigación se realizaron todos los ensayos mencionados en la Tabla 10, y que se verán a continuación.

2.5.4.1. CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA MTC E – 108)

El concepto del contenido de humedad es la cantidad de agua que la muestra de suelo puede retener en su estructura y que esta depende de las características de sus partículas (textura y estructura), y se expresa en la relación de porcentaje del peso de agua entre la muestra de suelo seco; la fórmula de cálculo es:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Donde:

W_w = Peso de agua presente en la muestra de suelo

W_s = Peso de la muestra de suelo seco

➤ Materiales para el ensayo:

Dentro de los materiales para el ensayo de contenido natural se consideran los siguientes:

- Recipiente de muestreo: el recipiente de muestreo debe ser de porcelana o aluminio ya que será sometido a altas temperaturas de (105° C) y debe ser un material resistente a la corrosión. Para su reconocimiento el recipiente debe estar marcado por un código de identificación.
- Horno de secado: el horno de secado debe tener una temperatura de variación de 110° ± 5° C. y no debe estar expuesta a la luz del sol.
- Balanza de precisión: esta balanza debe tener un sensibilidad de 0.1 gramos, y bien calibradas.
- Herramientas menores: como guantes que soporten altas temperaturas, trapo de limpieza, espátula, notas de apuntes, entre otros.

➤ **Procedimiento del Ensayo:**

En procedimiento del ensayo se realiza de acuerdo a la norma MTC E-108.

1. Se selecciona un recipiente de muestreo y se coloca pequeñas muestras de suelo en el recipiente, luego se pasa a pesar el recipiente más la muestra de suelo y se toma apunte. Esto se denomina como el peso de suelo húmedo (W_{Humedo}).
2. Después de pesar la muestra de suelo más recipiente se lleva al horno de secado a una temperatura de 105 °C y se deja por un tiempo de 24 horas.
3. Pasado las 24 horas, se procede a retirar los recipientes con las muestra de suelo, se deja enfriar por un tiempo de 10 min, por último se pesa la muestra ya fría y se toma apunte. Esto se denomina peso de la muestra seca (W_s).
4. Para encontrar el contenido de humedad de suelo se hace un cálculo con los datos obtenidos; estos datos se remplazan en la siguiente formula:

$$W = \frac{W_{Humedo} - W_{seco}}{W_{seco}} \times 100\%$$



(a)



(b)

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 6: (a) Muestras de suelo húmedo y (b) Muestras de suelo ya seco

En la Imagen 6, se observa en (a), son dos muestras de suelo húmedo que se tomó por cada tipo de muestra de suelo extraída de cada calicata; en (b), se puede observar las muestras en el horno de secado, estas muestras ya pasaron por un secado de 24 horas, la cual ya están listas para ser retiradas y ser pesadas una vez que se enfríen.

2.5.4.2.GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO (NORMA MTC E – 107)

La granulometría es la distribución de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño; para la determinación de esta distribución se tamiza o se pasa la muestra por mallas con diferentes aberturas de diámetro que va desde una malla de 4", 3", 2 ½",...hasta la malla N° 200 (diámetro de abertura 0.074 mm). El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se encuentra el diámetro del tamiz con respecto al porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, esto dependerá del uso que se quiera dar al agregado de suelo.

➤ Materiales para el ensayo:

- Recipientes de muestreo: debe ser de material de aluminio, ya que estará sometido a altas temperaturas y debe ser resistente a la corrosión.
- Balanza de precisión: la cual debe tener una sensibilidad de 0.1 gramos, se utilizara para pesar de la muestra de suelo retenido en cada malla.
- Horno de secado: cumple la función de secar el suelo, y debe tener una variación de temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- Tamices de malla cuadrada: los tamices que se eligieron fueron desde (¼", N° 4, N° 6, N° 8, N° 10, N° 16, N° 20, N° 30, N° 40, N° 50, N° 60, N° 80, N° 100, N° 200), estos tamices deben estar en buenas condiciones y limpias.
- Aparato agitador: se puede contar con una tamizadora eléctrica, la cual nos ayudara a una mejor repartición de partículas de suelo.
- Cepillo y brocha.
- hoja de apuntes y calculadora.

➤ Procedimiento del Ensayo:

Para el desarrollo del ensayo se realiza el siguiente procedimiento y teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma MTC E – 107.

1. Mediante el cuarteo se obtiene la muestra de suelo y se coloca en los recipientes, para ser llevados al horno y dejar secar por 24 horas.
2. Dentro de las 24 horas pasadas se saca las muestras y se deja enfriar por 10 minutos aproximadamente.

3. De la muestra seca, se pesa 300 gr y se lava por la malla N° 200 (abertura 0.074 mm), hasta que el agua de lavado sea cristalina. Luego el material retenido se coloca en un recipiente y se lleva al horno para su secado por 24 horas.
4. Siguiendo, la muestra es sacada del horno y se deja enfriar; luego se pesa la muestra. De esa manera se obtiene el peso lavado y secado al horno.
5. La muestra de suelo ya pesada se hecha por la parte superior de los tamices que fueron colocadas uno tras el otro de acuerdo al tamaño de su abertura, luego se tapa la parte superior y se empieza a sacudir por un espacio de 10 min, para mayor precisión nos ayudamos de una tamizadora eléctrica. Se debe tener cuidado de no perder material durante el zarandeo.
6. Luego se pesa el material que se quedó en cada malla y se toma el apunte respectivo por cada muestra retenida en cada malla.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración Propia
Imagen 7: Realización de ensayo de Granulometría

En la Imagen 7, (a) es la selección de muestras de suelo húmedo de cada calicata y colocadas en recipientes de aluminio, la cantidad de suelo en cada recipiente es de 2 kg y que fueron llevados al horno para un secado de 24 horas. (b) muestra la tamizadora eléctrica en proceso de tamizado de una muestra de suelo, esta máquina empieza a zarandear la muestra por un espacio de 10 min, luego se apaga automáticamente. Se afloja los tornillos sujetadores y se pasa a retirar los tamices, para pesar las muestra de suelo retenido en cada malla.

2.5.4.3.LIMITE LÍQUIDO (NORMA MTC E – 110)

El límite líquido se define al contenido de humedad por cual el suelo se tiene un comportamiento como un material plástico. Para determinar el limite liquido se realiza mediante el ensayo de la copa Casagrande (D- 4318 ASTM) y se define como el contenido de agua por el cual cierra la ranura de 12.7 mm, mediante 25 golpes.

➤ **Materiales para el ensayo:**

- Horno se secado: con la capacidad de mantener temperaturas constantes de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- Recipientes de muestreo: preferencia que sean de material de aluminio.
- Espátula y cuchara: para el mejor manejo de la mezcla de suelo y agua.
- Un gotero: instrumento que nos ayuda a calcular la cantidad de agua requerida para la muestra de suelo.
- Balanza de sensibilidad de 0.1 gramos.
- Copa de Casagrande eléctrica: está compuesto por una cuchara de bronce, sobre una base de caucho y esta máquina funciona automáticamente.
- Herramientas adicionales: como trapo de limpieza, guantes impermeables, hoja de apuntes, entre otros.

➤ **Procedimiento del Ensayo:**

El ensayo copa de casa grande, para determinar el límite líquido de la muestra se realiza bajo la norma MTC E – 110. El procedimiento fue el siguiente:

1. De la muestra seca, obtener 200 gr de suelo pasante por la malla N° 40 (abertura 0.425 mm) y colocar en un recipiente.
2. Poner en un recipiente 100 gr de suelo y añadir una pequeña cantidad de agua, ayudándose del gotero, luego mezcle muy bien con la espátula hasta conseguir una mezcla homogénea.
3. De la mezcla ya humedecida con agua se coloca una pequeña cantidad en la parte central de la copa Casagrande y con la ayuda de la espátula se nivela la superficie sacando lo excesos, luego se pasa el acanalador por el centro de copa para cortar en dos partes el suelo.
4. Se pone en movimiento la cazuela con la ayuda de la manija a un ritmo constante y se suministra los golpes a velocidad por segundo que sean necesarias para cerrar la ranura de 12.7 mm; una vez que se cierre la ranura registrar el números de golpes y tomar una

muestra justo de la parte de unión del suelo, colocar en un recipiente y llevar al horno para su secado por 24 horas.

En la siguiente Imagen 8 tenemos dos imágenes, en (a) se muestra la muestra de suelo sobre la copa de casa grande, esta muestra ya está nivelada a los bordes de la copa y con la ayuda de un acanalador se hizo el corte a la mitad de la muestra, se pone en movimiento la cazuela y se cuenta en cuantos golpes se cierra la ranura. En (b) se tiene una pequeña muestra de suelo que fue retirada, después que se logró unir la ranura a cierta cantidad de golpes; esta muestra espesada y luego llevada al horno para un secado de 24 horas. Para realizar luego los cálculos y encontrar el límite líquido de la muestra.



(a)

(b)

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 8: Realización de ensayo Casagrande (Limite Líquido)

2.5.4.4.LIMITE PLÁSTICO (NORMA MTC E – 111)

El límite plástico es el contenido de agua con el cual el suelo se cuarteo y quiebra al formar rollitos de suelo de 3.2 mm de diámetro. Se trabaja con el material que se preparó para el ensayo de límite líquido, pero si la muestra se encuentra muy plástica se deja reposar por uno segundo o hasta ver que la muestra ya está consistente para la realización de pequeños rollitos.

➤ **Materiales para el ensayo:**

- Horno seco: instrumento con la capacidad de mantener una temperatura constante de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- Recipientes de muestreo: de material de aluminio o porcelana.
- Espátula y cuchara: herramientas que te ayudaran con el mezclado de muestra más agua.
- Balanza de precisión: debe tener una sensibilidad de 0.1 gramos.
- Placa de vidrio: debe estar en buen estado y limpio, para un mejor resultado de la muestra.
- Herramientas adicionales: trapo de limpieza, guantes impermeables, Hoja de apuntes, entre otros.

➤ **Procedimiento del Ensayo:**

El óptimo procedimiento del ensayo nos regimos a la norma MTC E – 111; norma que te indica el proceso del ensayo.

1. Se toma 20 gr aproximadamente de suelo que se preparó para el límite líquido, se amasa el suelo y se deja reposar por unos minutos o hasta que observe que su humedad disminuye hasta una consistencia se pueda hacer rollitos sin que se pegue en las manos.
2. Luego se toma pequeñas cantidades y se va realizando rollitos en la placa de vidrio hasta que se logre cuartear y quebrar.
3. Una vez que se logra el cuarteo se coloca los rollitos en un recipiente, se pesa para encontrar el contenido de humedad y se lleva al horno para su secado por 24 horas.



Fuente: Elaboración Propia
Imagen 9: Realización de ensayo Límite plástico

En la imagen 9, se muestra la muestra de suelo ya en forma de rollitos y colocadas en recipiente de aluminio, estas muestras serán llevadas al horno para su secado respectivo;

duración de secado 24 horas. Las muestras de rollitos son pesados antes del secado y después de su secado; esto nos ayudara a determinar el limite plástico de la muestra de suelo.

2.5.4.5. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E – 115)

Ensayo de Proctor tiene como objetivo determinar la humedad óptima de suelo por la cual este alcanza su densidad máxima seca.

Este ensayo está en relación entre el contenido de humedad de suelo seco y el peso unitario de suelo compactado a una determinada humedad y a una energía de compactación determinada.

➤ Equipos y accesorios:

- Balanza de precisión con una aproximación de 1 gr.
- Molde de 4 o 6 pulgadas con una altura de 4.584 pulg (116.4mm) y un volumen de 0.0333 pies³ (944 cm³) y 0.075 pies³ (2124 cm³) respectivamente.
- Un plato base y un collar de extensión de 2”.
- Pistón o matillo de 44.5 N (10 lb), el pistón debe caer libremente a una altura de 18 pulg y debe estar limpio para su buen manejo.
- Horno de secado: instrumento con la capacidad de mantener una temperatura constantes de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- Regla metálica: herramienta que nos ayudara a retirar los excesos de suelo y nivelarlo.
- Tamices con dimensiones de (3/4” (19 mm), 3/8” (9.5 mm), N° 4 (4.75 mm)).para el ensayo se utilizó solo la malla N° 4, ya que la muestra de suelo presentaba tamaño de partículas menores a 4.75 mm.

➤ Procedimiento del ensayo:

Este procedimiento se realiza con el objetivo de identificar su humedad óptima del suelo. Este proceso se realizó de acuerdo a la norma MTC E – 115.

1. Para el ensayo se necesita suelo seco por lo que se realiza el secado del material húmedo por un aproximado de 24 horas.
2. Se retira el suelo seco del horno y se deja enfriar; si el suelo presenta suelo seco en bloques se tiene que desmenuzar con la ayuda de un martillo, luego se realiza el tamizado

por la malla $\frac{3}{4}$ "', $\frac{3}{8}$ "' y N° 4 y se determina el método de prueba que se va a utilizar para el ensayo.

3. Para el ensayo se determinó utilizar el método A. Se prepara 4 muestras de 2.5 kg se agrega agua y mezcla uniformemente.
4. Se coloca una primera capa en el molde y se aplica 25 golpes en toda el área, girando el pistón adecuadamente y dejando caer al pistón en caída libre. Repetir este proceso hasta tener las 5 capas de suelo.
5. Se realiza 5 capas. Nivelar el molde con la regla metálica quitando anteriormente el collarín.
6. Se retira la base y se toma nota del peso de la muestra con el molde.
7. Se pasa a extraer el suelo y se toma una pequeña muestra de la parte central del molde para sacar su contenido de humedad (mínimo 500 gr).
8. Se repite el procedimiento en 4 puntos compactados a diferentes contenidos de humedad.
9. Determinar la densidad seca en cada punto.

En la imagen 10, se observa parte del procedimiento de ensayo de Proctor y ya el molde de suelo compactado, luego de ser pesado se pasa a retirar la muestra y se vuelve a iniciar el proceso.



a)



b)

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 10: (a) Compactación por capas y (b) Pesado de muestra ya compactada

De la Imagen 10, (a) nos muestra la compactación de la primera capa de suelo a 25 golpes con la ayuda del pistón, esta compactación se realiza a cinco capas, luego se retira el

collarín superior y se nivela el suelo con la regla metálica. (b) se observa ya el molde con el suelo nivelado siendo pesado para realizar con ese valor cálculos y determinar su densidad máxima seca.

2.5.4.6. ENSAYO CBR (NORMA MTC E – 132)

El ensayo de CBR tiene como objetivo determinar la capacidad de resistencia de un suelo y los agregados compactados en el laboratorio, con una humedad óptima determinada en el ensayo de Proctor y niveles de compactación variables.

➤ Equipos y accesorios:

- Tamiz de N° 4: se utiliza para tamizar el suelo seco, la muestra a trabajar será la pasante de la malla.
- Recipientes de muestreo: este debe ser de material aluminio.
- Prensa de compresión, equipo con la capacidad de carga debe ser de 44.5 KN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.
- Molde de forma cilíndrica metálica, con un diámetro de 152.4 mm y de 177.8 mm de altura, cuenta con un collar de metal de diámetro 150.8 mm y de 61.37 mm de espesor, este se inserta como falso fondo en el molde cilíndrico durante el proceso de compactación.
- Pisón de compactación, igual al peso como se utiliza en el ensayo de Proctor modificado.
- Instrumento de medición de expansión: es una base cilíndrica de metal perforada en el centro, donde se ubica un vástago con un sistema de tornillo que permita regular su altura.
- Un trípode de medición de expansión, es un deformímetro colocado en una base la cual se sostiene en tres patas, estas se apoyan en el borde del molde, teniendo en cuenta que el centro del dial coincida con el vástago, de forma que permita controlar la posición de este y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001’’).
- Utilización de uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de 4.54 kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de 2.27 kg.
- Prensa de CBR, la cual cuenta con un pistón de penetración metálico con una base circular, de 49.63 mm de diámetro.
- Dos dales – con recorrido mínimo de 25 mm (1’’) y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001’’).

- Tanque para la inmersión de moldes.
- Horno de secado de suelo.
- Misceláneos, tamices, papel filtro, espátulas, enrasador, pipeta.
- Materiales adicionales; como guantes, trapo de limpieza, chaleco o bata, apuntes, entre otros.

➤ **Procedimiento de ensayo:**

Para realizar el ensayo de CBR se debe seguir tres procesos, proceso de determinación de densidad y humedad, determinación y expansión, por último la determinación de resistencia.

A) Determinación de la densidad y humedad:

Se toma 6 kg de suelo por cada molde CBR.

En el molde cilíndrico se coloca el disco espaciador y papel filtro grueso 6''

La muestra se mezcla con la cantidad de agua calculada en el ensayo de Proctor. Se divide en 5 porciones de suelo, paralelamente a la división de suelo se saca una pequeña muestra para determinar el contenido de humedad.

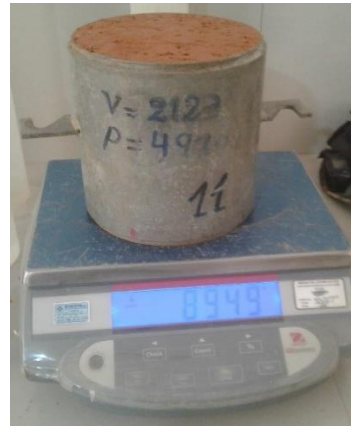
Después de dividir en 5 porciones de suelo. Se compacta en 5 capas con 12, 25 y 56 golpes / capa. La briqueta compactada deberá tener un espeso de 5''.

Se retira el collarín de la parte superior del molde metálico, se enrasa la parte superior del molde, se voltea el molde y se quitara la base del molde y el disco espaciador.

Se separa el molde con la muestra, se determinara la densidad y la humedad de la muestra. Por cada calicata se realiza tres moldes, para mayor veracidad. En Imagen 11, se muestra el suelo ya humedecido con una cantidad de agua calculada previamente, una vez compactada en 5 capas se retira el collarin, se limpia la superficie y se pesa el molde con lamuestra de suelo.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 11: (a) Muestra de suelo y (b) Pesado de muestra ya compactado por 5 capas

De la imagen 11, en (a) se muestra suelo natural ya dividido en cinco partes, para ser luego colocados al molde de CBR capa por capa, en cada capa compactada con la ayuda del pistón de 4.5 Kg, (b) se muestra ya el suelo compactado en el molde de CBR, listo para pesar y tener un valor de masa antes de ser sumergido en agua.

Determinación de la expansión del material:

Una vez calculada la densidad y humedad se coloca el papel filtro sobre la superficie enrasada, y se colocara en la base circular metálica con extensiones a los lados; la colocación del molde es volteada.

Sobre la superficie libre de la muestra se coloca papel filtro y se montara una placa de metal que en el centro tiene un vástago graduable. Luego sobre base metálica se colocara varias pesas de plomo. La sobrecarga mínima será de 101 lbs.

Colocado el vástago y las pesas, se colocara el molde dentro de un tanque o depósito lleno de agua.

Como primera medición se montara el trípode con un extensómetro, se regulara a cero y se marcara la superficie del molde, haciendo que el centro del extensómetro coincida con vástago. Las mediciones de expansión se realizaran cada 24 horas por cuatro días.

Al término de las 96 horas que el molde estuvo sumergido en agua, se toma la lectura final para determinar el porcentaje de hinchamiento. El cálculo del % de hinchamiento de encuentra restando la lectura final menos la lectura inicial, todo esto dividido entre la altura inicial de la muestra multiplicado por 100.

En la imagen 12, se muestra el proceso de medición de expansión de suelo, se toma medidas cada 24 horas, durante 4 días y se analiza el porcentaje de expansión del suelo.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 12: lectura de expansión y apunte de lectura de expansión

La lectura de variación de volumen del suelo nos ayuda a determinar su contenido de vacíos del suelo al ser compactado; si el suelo tiende a ser expansivo significa que tiene poca filtración, haciendo que el suelo capte la humedad. Un suelo con alto porcentaje de humedad, es un suelo que no tendrá buena resistencia a las cargas expuestas por el tránsito vehicular.

Determinación de la resistencia de expansión

Pasada las 96 horas, se retira las muestras sumergidas en agua, se retira la pesa anula y se deja escurrir por un tiempo de 10 min. Para el peso de la muestra húmeda se retira el anillo y la base de metal.

Se coloca el molde con la muestra en la base de metal y la pesa anular como estaba inicialmente, para luego ser colocada debajo de la prensa y se asienta el pistón en el centro de la muestra (peso del pistón en de 10 lb).

Para realizar el ensayo de penetración se coloca en cero el extensómetro y el dial del extensómetro. Se aplica la carga sobre el pistón de penetración con una velocidad uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto y se anotan las lecturas de carga. Finalmente se suelta el pistón de penetración y se saca el molde con la muestra de la prensa.

En la Imagen 12, se observa el proceso de ensayo de penetración de CBR, tiene como objetivo de determinar la resistencia del suelo después que sumergido en agua durante 96 horas.



Fuente: Elaboración Propia
Imagen 13: Prensa de CBR

El ensayo de penetración tiene como objetivo determinar la resistencia al corte del suelo; se aplica una carga al pistón colocado encima de la muestra a una velocidad de 1.27 mm por minuto y se va tomando nota las lecturas cada cierto tiempo. Una vez terminada la penetración se pasa a retirar el molde con suelo y se coloca el siguiente molde repitiéndose el procedimiento.

2.5.5. DETERMINACIÓN DE USO DE POLÍMERO SINTÉTICO

2.5.5.1. OBTENCIÓN DEL BOTELLAS (PET)

Paso 1: Para obtener las botellas se realizó una recolección de las está; se reciclo todas las botellas que tenían el sello en la parte inferior con el símbolo PET (como se muestra en la imagen 1).

Paso 2: Se limpió todas la botellas sacando sus etiquetas, lavando para retirar todo residuo orgánico y se dejó al aire libre para que se secaran.

Paso 3: Luego del secado se pasó por un molino triturador de botellas, modelo EEA10; máquina se encarga de cortar el plástico en pequeñas dimensiones. Para esta trituración nos apoyó la Empresa MMOLPLAST encargada de triturar botellas plásticas, cartón, bolsas, entre otros.

De la trituración de las botellas se obtuvo diferentes dimensiones de cortes por lo que se realizó un ensayo de tamizado para analizar el material que se utilizaría en el proyecto de estudio.

2.5.5.2. COSTO DE LAS BOTELLAS (PET)

Se analizó un análisis de costo unitario para el aditivo PET, aunque el costo de reciclaje de las botellas descartables es relativamente bajo, pero incrementa bastante con la mano de obra. En la empresa quien nos ayudó con el triturado de botellas PET, vende a S/. 2.80 el kilo las botellas PET triturado, un valor un tanto elevado con respecto al costo por kilo que la empresa compra a los recicladores que es de S/. 0.60 soles por kilo.

2.5.5.3. DETERMINACIÓN DE DIMENSIONES DE LAS BOTELLAS (PET)

- SELECCIÓN DEL PLÁSTICO

Una vez adquirido el polímero sintético se realizó un ensayo granulométrico por tamizado con el objetivo de clasificar el plástico de acuerdo a sus dimensiones, observando que el 93% del material era pasante por la malla ½’’ y retenido por la malla N° 4 (4.760 mm). Para cada ensayo se pesó el aditivo en un 3%, 6% y 9% respecto al peso seco del material de suelo a estudiar.

Se procedió a realizar los ensayos de CBR con el aditivo de plástico triturado retenido por la malla N° 4, siendo los diámetros equivalentes la grava con el objetivo de remplazar el escaso porcentaje de este en la muestra de suelo.

Por cada calicata se prepararon 3 moldes con 3%, 6% y 9% para ensayos de CBR con las mismas dosificaciones para así tener resultados más representativos. En total se realizaron 9 ensayos de CBR con adición de botellas triturada PET por cada calicata.

2.5.5.4. ENSAYO DE CBR CON LA ADICIÓN DE BOTELLAS (PET)

Para los ensayos de CBR con el aditivo polímero sintético (botellas PET triturado), se seleccionó material desde la malla ½’’ hasta retenido de la malla N° 4, luego se pasó a pesar muestras de 3%, 6% y 9% de plástico para cada muestra de suelo.

Se realizó la unión de 6 kg de suelo seco y plástico triturado mezclando uniformemente, en los porcentajes establecidos. En la imagen 14, se observa la preparación de la muestra de suelo natural más la adición del polímero sintético en un 6% con respecto al peso seco de suelo.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 14: (a) y (b) Preparación de la muestra de suelo con adición de polímero sintético

En la Imagen 14, se aprecia en (a) la muestra de suelo con adición de polímero sintético, la cantidad de polímero utilizada para 6 kg de suelo fue de 360 gr (este es la cantidad de polímero al 6%), y en (b) se muestra el mezclado de suelo más polímero, tratando que el suelo quede totalmente unificado con el polímero sintético.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración Propia

Imagen 15: (a) mezcla de suelo y polímero sintético y (b) CBR de suelo – polímero sintético

De la Imagen 15, se muestra en (a) la proceso de mezclado del suelo con polímero sintético más el agregado de agua, la cantidad de agua fue calculada previamente. Y en (b) de aprecia la muestra de suelo con adición en el molde metálico de CBR ya compactado en 5 capas.

2.6. ASPECTOS ÉTICOS:

Todos los datos conseguidos están de acuerdo a las normas establecidas, cumpliendo con las especificaciones y dando veracidad a los datos encontrados.

- **RESPETO:**

Cumpliendo con todas las normas y basándose en la igualdad de datos de antecedentes pasados. Por otro lado, se cumplirá con los requisitos establecidos por la empresa que nos ayudara con la investigación.

- **HONESTIDAD:**

Damos la veracidad de que todos los datos obtenidos están respaldados por las normas y supervisado por ingenieros especialistas en cada rama.

III. RESULTADOS

En este capítulo se presentara los resultados de todo el proceso de ensayos de laboratorio que se realizaron para las muestras de tramo km 4+500 hasta km 4+900 de la carretera Chachapoyas – Huancas más la adición de polímero sintético; los resultados obtenidos ayudaran a responder a la hipótesis planteada.

3.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE

Conocer las propiedades físicas y mecánicas de una subrasante es de mucha importancia, ya que mediante su adecuada interpretación se puede predecir el comportamiento de los diferentes suelos expuestas cargas a la que sean sometidos; así como el comportamiento ante las variaciones de humedad.

3.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Si el resultado del contenido de humedad resulta ser igual o inferior que el contenido de humedad óptimo, se planteará solo compactación normal de suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. “Si resulta superior a la humedad optima y según la situación del suelo, se planteará aumentar la energía de compactación, secar el suelo o reemplazar el material saturado”. (MTC, 2013, p. 14)

En la siguiente tabla 11, se muestra la tabla de resumen del ensayo de contenido de humedad que se realizó a cada calicata, con su respectivo contenido óptimo de humedad.

Tabla 11: Resumen de Contenido de Humedad

CALICATA	MUESTRA	PROGRESIVA	CONTENIDO DE HUMEDAD	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
C – 01	M - 01	KM 4 + 500	24.0 %	20.5 %
C – 02	M - 01	KM 4 + 700	28.5 %	28.3 %
C – 03	M - 01	KM 4 + 900	21.7 %	18.2 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla Resumen de contenido de humedad (tabla 11), hace mención del contenido de humedad natural que se encontró en cada muestra de suelo de las tres calicatas. El resultado del contenido de humedad natural de las calicatas (C-01, C-02 y C-03) es superiores al óptimo contenido de humedad, esto nos da como primer análisis que el suelo a estudiar va a necesitar ser secado, aumentar su energía de compactación o probablemente se tendrá que

cambiar el suelo por otro material mejorado y que cumpla los estándares del manual de carreteras MTC.

3.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El Manual de carreteras de suelos, geología, geotecnia y pavimentos del MTC menciona que, es recomendable que una subrasante debe contener en mayor porcentaje las partículas de gravas, ya que proporcionarían resistencia al corte, seguido de porcentaje de arenas porque ocuparan los vacíos entre gravas y menos porcentajes de las partículas finas para la cohesión del suelo.

En el ensayo de granulometría realizado en las muestras de suelos tuvo como objetivo de clasificar el suelo por su tamaño y apreciar su distribución. En la siguiente tabla 12, se mostrara el resumen del ensayo granulométrico realizada a las tres calicatas (C-01, C-02 y C-03).

Tabla 12: Resumen de Resultado Granulométrico

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA		
Tamiz	Abertura (mm)	C - 01	C - 02	C - 03
4"	101.600	100 %	100 %	100 %
3"	76.200	100 %	100 %	100 %
2 ½"	63.500	100 %	100 %	100 %
2	50.800	100 %	100 %	100 %
1 ½	38.100	100 %	100 %	100 %
1"	25.400	100 %	100 %	100 %
¾"	19.050	100 %	100 %	100 %
½"	12.700	100 %	100 %	100 %
3/8"	9.525	100 %	100 %	100 %
¼"	6.350	100 %	100 %	100 %
Nº 4	4.760	100 %	99.9 %	100 %
Nº 6	3.350	100 %	100 %	100 %
Nº 8	2.360	100 %	100 %	100 %
Nº 10	2.000	100 %	100 %	100 %
Nº 16	1.180	100 %	100 %	100 %
Nº 20	0.850	100 %	100 %	100 %
Nº 30	0.600	100 %	99.5 %	100 %
Nº 40	0.425	99.8 %	98.7 %	99.8 %
Nº 50	0.300	99.1 %	97.2 %	98.7 %
Nº 60	0.250	98.3 %	96.4 %	97.1 %
Nº 80	0.180	95.6 %	94.7 %	90.2 %
Nº 100	0.150	94.0 %	93.9 %	86.6 %
Nº 200	0.074	88.3 %	91.8 %	77.2 %

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados de granulometría de la Tabla 11, se puede observar que los porcentajes que pasa por la malla N° 200 (abertura 0.074), en las calicatas C-01, C-02 y C-03 están en porcentajes de 88.3%, 91.3% y 77.2% respectivamente, por lo que se concluye que el suelo de subrasante tiene altos porcentajes de finos (arcillas y limos), suelo poco resistente ante el efecto de las cargas. En la siguiente tabla 13, se muestra el resumen de porcentaje de material correspondiente a grava, arena y limo arcillas que contiene el suelo en estudio.

Tabla 13: Porcentaje de Suelo

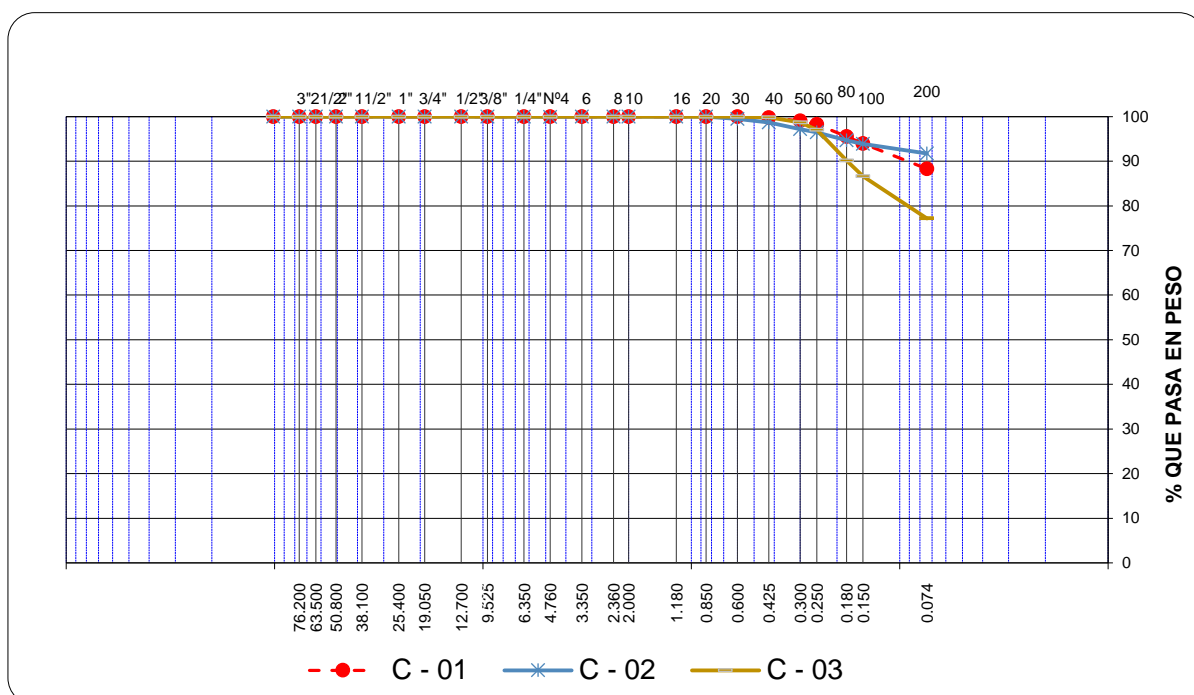
SUELO	C - 01	C - 02	C - 03
GRAVA (3" - N° 4)	0 %	0 %	0 %
ARENA (N° 4 - N° 200)	11.7 %	8.3 %	22.8 %
FINOS (< N° 200)	88.3 %	91.8 %	77.2 %

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados mencionados en la tabla 13, se observa que el suelo de estudio de las calicatas C-01, C-02 y C-03 no presenta porcentajes de partículas de dimensión entre 4.75 mm hasta 76.2 mm denominado gravas y el porcentaje de arena (dimensiones de entre 0.074 mm a 4.75 mm) son menores con respecto al porcentajes de finos; los altos porcentajes de finos se puede concluir que nos encontramos ante un suelo con contenido de arcillas y limos, partículas que se definen por presentar baja permeabilidad y elevada retención de agua.

Para el desarrollo de la gráfica de distribución granulométrica o curva granulométrica se relaciona con el porcentaje de suelo que pasa por cada tamiz de diferentes aberturas. En la siguiente grafica 1, se tiene la curva granulométrica de las calicatas C- 01, C – 02 y C – 03, detallando su distribución de partículas de suelo por su tamaño.

Grafica 1: Curva Granulométrica de las 3 Calicatas C-01, C-02 y C-03



Fuente: Elaboración Propia

En la Gráfica 1, se concluye que la curva granulométrica en la calicata 01 y 03, tiende su desviación desde la malla N° 50 (abertura de 0.300 mm), y en la calicata 02 su desviación de curvatura se da a partir de la malla N° 30 (abertura de 0.600 mm), en consecuencia se concluye que la calicata 01 y 03 presenta menor tamaño de partículas con respecto a la calicata 02. Las tres graficas de distribución granulométrica presentan una distribución continua ya que no presenta quiebres, por lo que se considera una granulometría bien graduada.

3.1.3. LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

En la tabla 14, se resume los ensayos del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, datos de gran importantes para poder clasificar el suelo de estudio y también nos da una referencia de que el suelo pueda requerir un mejoramiento, ayudando a tomar una mejor decisión sobre el tipo de estabilizador a utilizar y recomendado por el manual de ministerio de transportes y comunicaciones.

Estos resultados de límites de Atterberg, son por cada muestra de suelo extraída de las calicatas realizadas; el suelo extraído fue colocado en bolsas herméticas e impermeables, esto fue con la finalidad de que el suelo no pierda y absorba humedad.

Tabla 14: Resultados de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

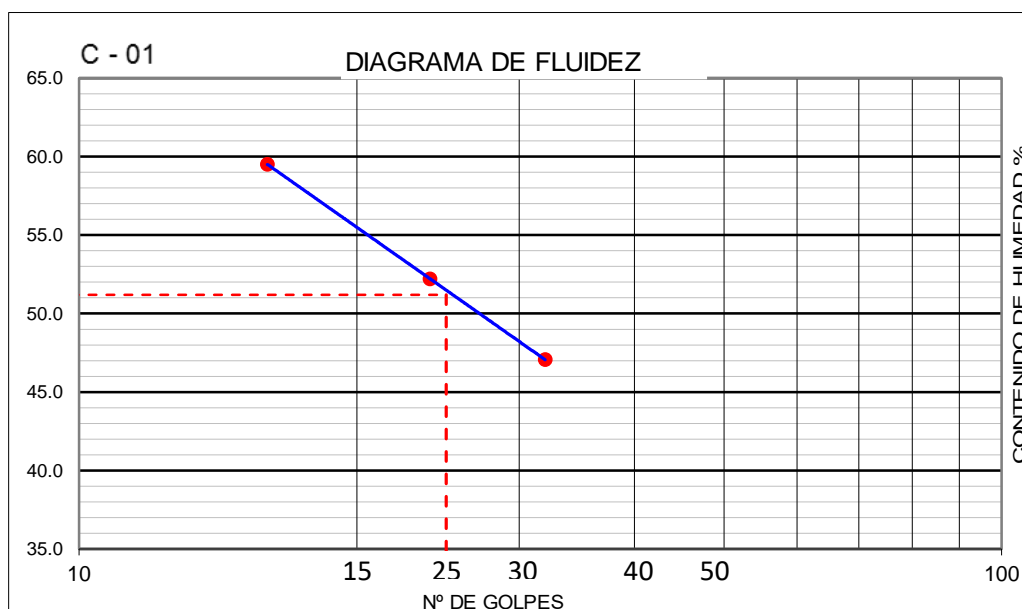
CALICATA	MUESTRA	PROGRESIVA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
C - 01	M - 01	KM 4 + 500	51 %	29 %	22 %
C - 02	M - 01	KM 4 + 700	53 %	37 %	17 %
C - 03	M - 01	KM 4 + 900	35 %	22 %	13 %

Fuente: Fuente Propia

La tabla 14, resume los resultados de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de las calicatas 1, 2 y 3; el índice de plasticidad determina la medida de intervalo de humedad en la cual es suelo posee una consistencia plástica y de acuerdo a la Tabla 4, donde muestra la clasificación de suelo según su índice de plasticidad, se concluye que la calicata C - 01 presenta un suelo de alta plasticidad con características de suelo muy arcilloso; las calicata C - 02 y C - 03 presenta suelos arcillosos de media plasticidad.

En las siguientes Graficas 2, 3 y 4 muestran el diagrama de fluidez de cada calicata 1, 2 y 3; esta grafica tiene el objetivo de encontrar el contenido de humedad de un suelo a 25 golpes. Esto se realiza con el ensayo de Copa de Casagrande.

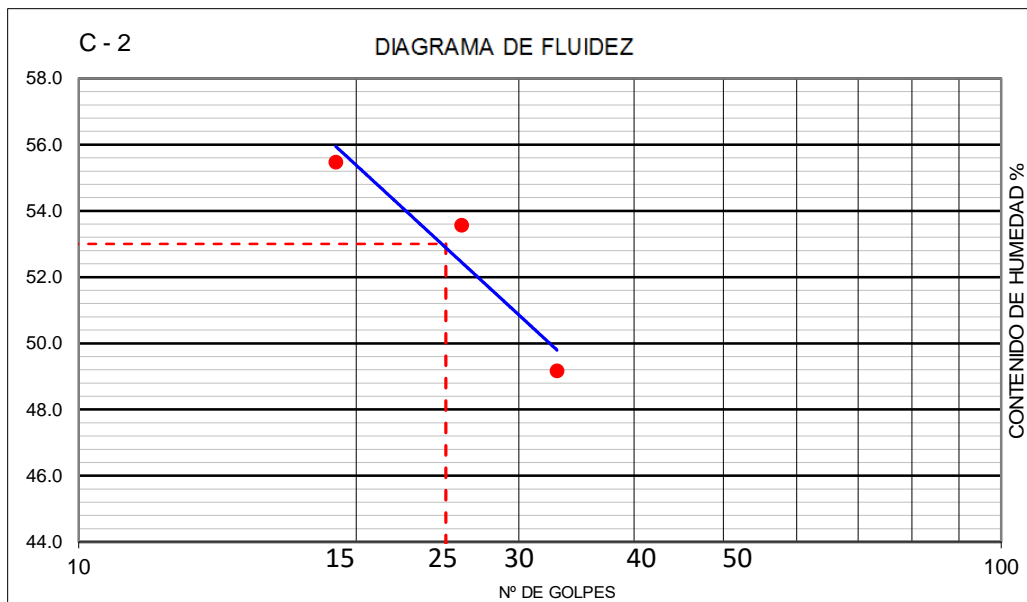
Grafica 2: Diagrama de Fluidez de la Calicata C - 01



Fuente: Fuente Propia

La grafica 2, muestra el diagrama de fluidez de la calicata C - 01. Este diagrama se realiza con la copa de casa grande explicado en el ítem 1.3.2.2., y se concluye que para 25 golpes la muestra alcanza su límite líquido de 51%.

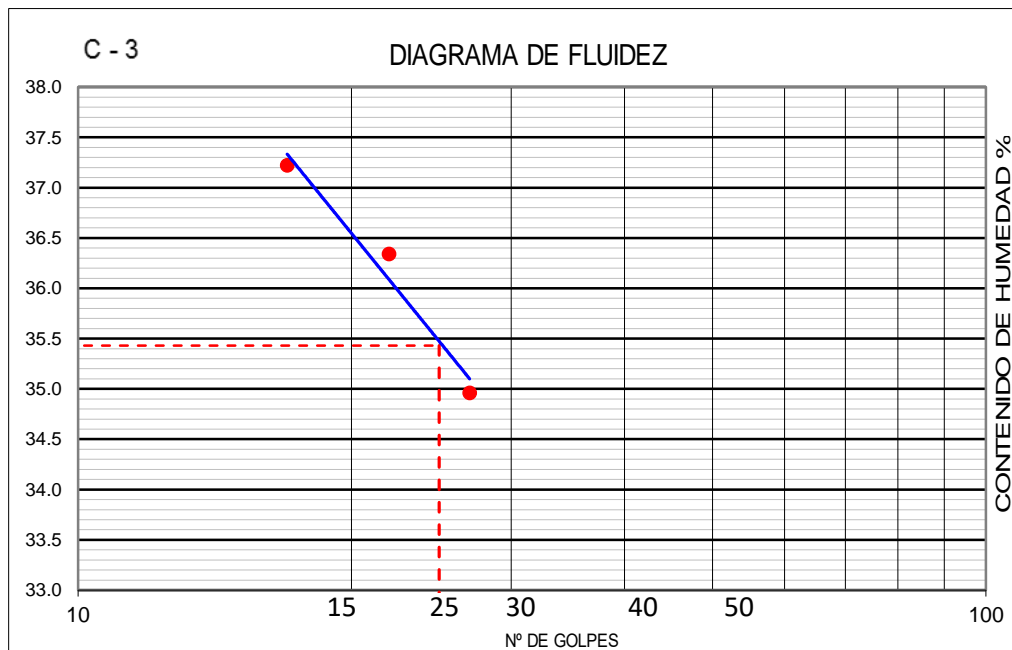
Grafica 3: Diagrama de Fluidez de la Calicata C - 02



Fuente: Fuente Propia

La grafica 3, muestra el diagrama de fluidez de la calicata C – 02, la cual se determinó que a 25 golpes tuvo un límite líquido de 53%.

Grafica 4: Diagrama de Fluidez de la Calicata C - 03



Fuente: Fuente Propia

La grafica 4, muestra el diagrama de fluidez de la calicata C – 03, el límite líquido determinado a 25 golpes es de 35%, porcentaje de humedad limite por la cual el suelo tiene una consistencia plástica.

3.1.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Después de determinar los resultados de los ensayos de contenido de humedad, granulometría y límites de Atterberg, podemos clasificar el suelo bajo dos sistemas más utilizados por la ingeniería, sistema SUCS y AASHTO.

A) CLASIFICACIÓN SUCS

Para la clasificación SUCS se consideró la granulometría de muestra de suelo para los porcentajes pasantes las mallas N°4, N°200 y sus características plásticas. En la tabla 15, se muestra el resumen de la clasificación SUCS.

Tabla 15: Clasificación SUCS de las muestras

CALICATA	C - 01	C - 02	C - 03
PROF.	0.30 – 1.50 m	0.30 – 1.50 m	0.40 – 1.50 m
MUESTRA	M - 1	M - 1	M - 1
PROGRESIVA (KM)	Km 4 + 500	Km 4 + 700	Km 4 + 900
GRAVA 3'' – N° 4	0.0 %	0.0 %	0.0 %
ARENA N° 4 – N° 200	11.7 %	8.3 %	22.8 %
FINOS < N° 200	88.3 %	91.8 %	77.2 %
LÍMITE LIQUIDO	51.0 %	53.0 %	35.0 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	22.0%	17.0 %	13.0 %
CLASIFICACIÓN SUCS	OH	OH	CL
DENOMINACIÓN	ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA A ELEVADA.	ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA A ELEVADA.	ARCILLA DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de clasificación SUCS de la tabla 15, se concluye que las calicatas C – 01, C - 02 y C – 03 más de la mitad de la muestra de suelo pasa la malla N° 200 (abertura 0.074 mm) esto clasifica al suelo en arcilla y limos; de la calicatas C – 01 y C -02 el porcentaje de limite liquido es mayor al 50% por lo que se denomina un suelo arcilloso de plasticidad media a alta (OH), en la calicata C – 03 el porcentaje de limite liquido es menor que 50%, la cual se clasifica un suelo arcillosos de baja a media plasticidad (CL).

B) CLASIFICACIÓN AASHTO

En la clasificación AASHTO se consideró los porcentajes de suelo pasantes la malla N° 10, N° 40, y N° 200; sus características plásticas y el índice de grupo. Para evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras es muy importante conocer el índice de grupo (IG), que está en función del LL, IP y el porcentaje pasante la malla N° 200. En la Tabla 16 se muestra el resumen de clasificación AASHTO.

Tabla 16: Clasificación AASHTO de las muestras

CALICATA	C - 01	C - 02	C - 03
PROF.	0.30 – 1.50 m	0.30 – 1.50 m	0.40 – 1.50 m
MUESTRA	M - 2	M - 2	M - 2
PROGRESIVA (KM)	Km 4 + 500	Km 4 + 700	Km 4 + 900
PORCENTAJE QUE PASA N° 10 (2 mm)	100.0 %	100.0 %	100.0 %
PORCENTAJE QUE PASA N° 40 (0.425)	99.8 %	98.7 %	99.8 %
PORCENTAJE QUE PASA N° 200 (0.075)	88.3 %	91.8 %	77.2 %
LIMITE LIQUIDO	51.0 %	53.0 %	35.0 %
LIMITE PLÁSTICO	29.0 %	36.0 %	22.0 %
ÍNDICE DE GRUPO	15	13	9
CLASIFICACIÓN AASTHO	A - 7 - 6 (15)	A - 7 - 5 (13)	A - 6 (9)
DENOMINACIÓN	SUELO ARCILLOSO	SUELO ARCILLOSO	SUELO ARCILLOSO

Fuente: Elaboración Propio

Los resultados de clasificación AASHTO, Tabla 16, muestran que en la calicata 1, 2 y 3 el porcentaje que pasa la malla N° 200 (abertura de 0.075 mm) es mayor al 35%, por lo cual se clasifica como un suelo arcilloso denominado (A -7- (15), A-7-5(13) y A- 6(9)) para las calicatas C-01, C-02 y C-03 respectivamente.

3.1.5. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

En el ensayo de Proctor se determinó la relación contenido de humedad y peso específico seco (curva de compactación), en donde se determina la humedad óptima y la densidad máxima seca, asimismo la gravedad específica de acuerdo al método Proctor Modificado. En la tabla 17 se muestra el resumen de densidad seca y humedad óptima.

Tabla 17: Resultados del ensayo de Proctor Modificado

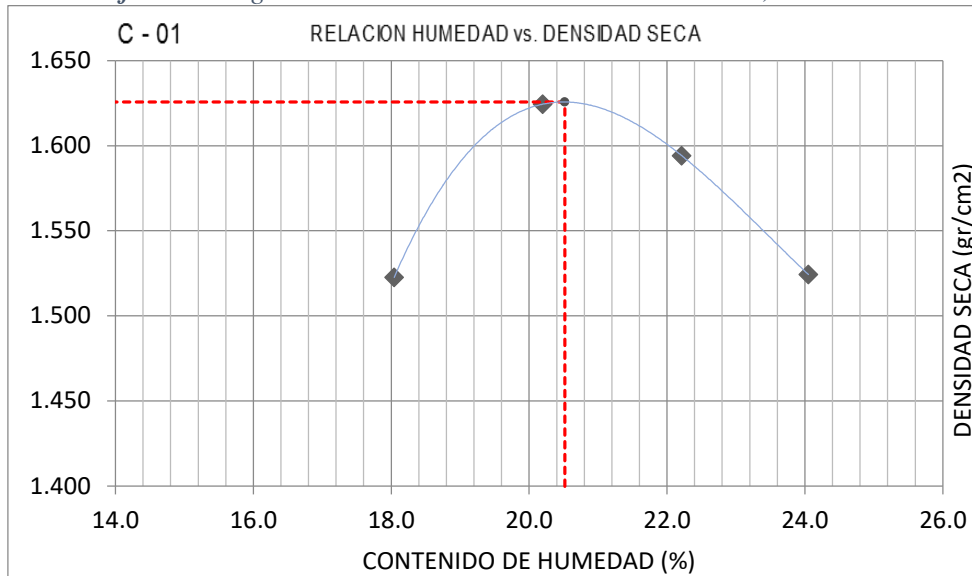
CALICATA	MUESTRA	PROGRESIVA	HUMEDAD OPTIMA	DENSIDAD MÁXIMA SECA (grs/cm3)
C - 01	M - 02	Km 4+500	20.5 %	1.626
C - 02	M - 02	Km 4+700	28.3 %	1.480
C - 03	M - 02	Km 4+900	18.2 %	1.794

Fuente: Elaboración Propia

El resumen de la tabla 17, muestra el porcentaje de humedad por el cual el suelo va ser compactado, se observa también que las densidades máxima seca de la calicata C - 01 y C - 02 presentan valores menores con respecto a la densidad máxima de la calidad C - 03, esto se debe a su tipo de suelo, puesto que la calicata 1 y 2 presentan arcillas de media a alta plasticidad, por lo que retienen más humedad.

En la Gráfica 5, se muestra la relación del contenido de humedad y la densidad seca de la calicata 01, así como se observa su óptimo contenido de humedad.

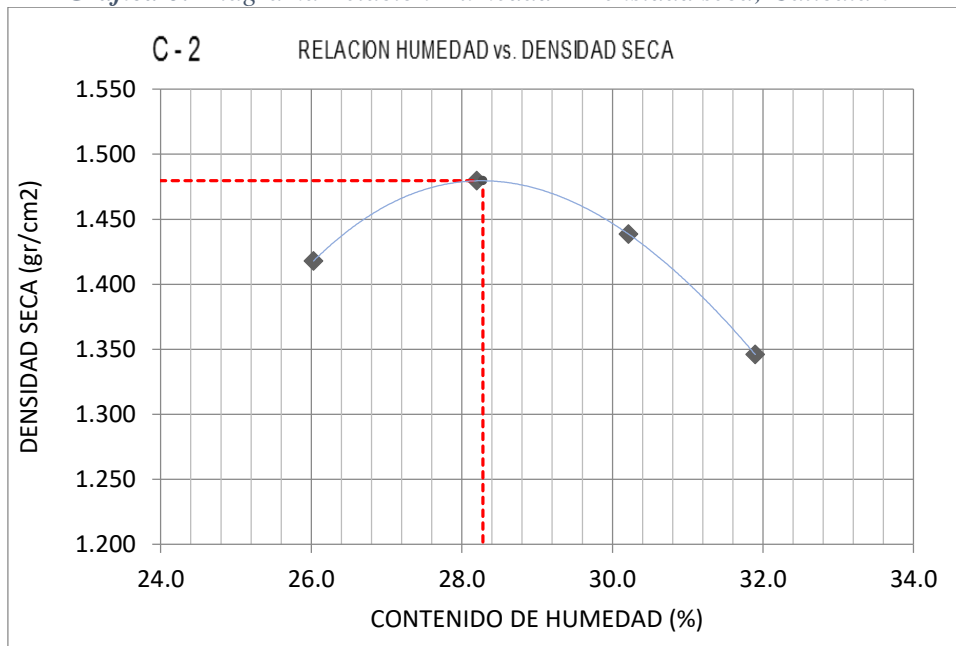
Grafica 5: Diagrama Relación Humedad – Densidad seca; Calicata 01



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica 5, se tiene la relación densidad seca vs. Contenido de humedad, esta grafica se realiza después del obtener los valores numéricos del ensayo Proctor; se muestra los porcentajes de humedad que se requirió para cada molde.

Grafica 6: Diagrama Relación Humedad – Densidad seca; Calicata 02

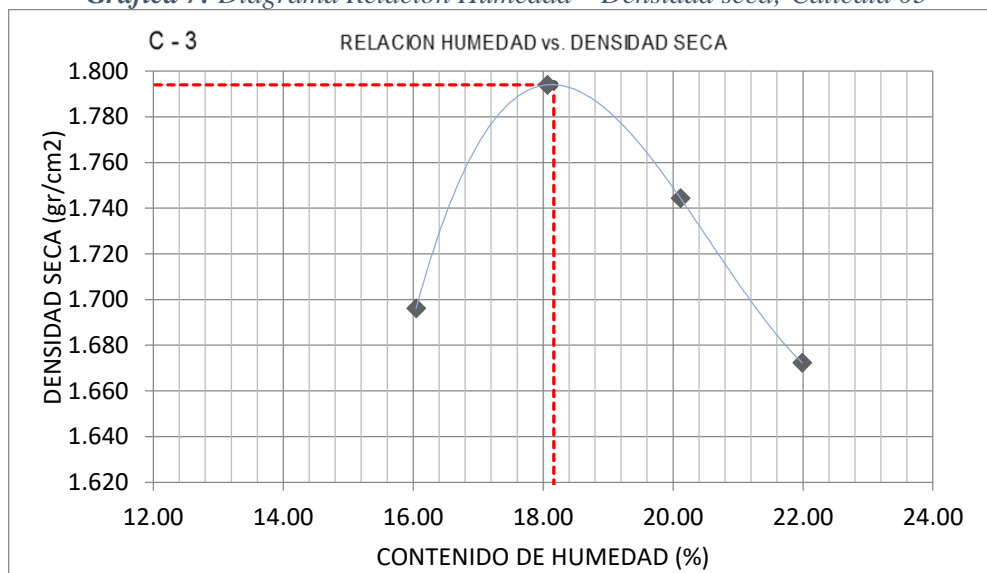


Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica 6, se observa que el porcentaje de humedad óptimo para ese suelo es de 28,3% teniendo una densidad máxima seca 1.480 gr/cm³.

En la Grafica 7, el porcentaje de humedad óptima es de 18,3% a una densidad seca 1.794 gr/cm³; ya que si aumentamos el contenido de humedad las densidades empiezan a bajar.

Grafica 7: Diagrama Relación Humedad – Densidad seca; Calicata 03



Fuente: Elaboración Propia

3.1.6. ENSAYO DE CBR

Este ensayo se considera el de más importancia para la investigación, puesto que se determinara el comportamiento de la adición de polímero sintético en la muestra de suelo. Se realizaron ensayos de CBR para las tres calicatas seleccionadas del tramo km 4 + 500 hasta km 4 + 900.

A) ENSAYOS DE CBR PARA SUELO NATURAL

Para determinar la capacidad portante de cada muestra de suelo extraída de las calicatas N° 01, N° 02 y N° 03 se realizó ensayo de CBR. Para determinar el CBR se prepararon 3 moldes con energías de compactación de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes.

En la tabla 18 se muestra el resumen de resultados de los ensayos de CBR de las muestras de suelos de cada calicata, sumergidos a 96 horas con una sobrecarga de 4.5 kg. Se determinó el porcentaje de expansión, además el valor del CBR al 95% de la densidad máxima seca (DMS) y a una penetración de 0.1”, estos primeros resultados son de gran importancia ya que se podrá comparar con los resultados obtenidos con la adición de polímero sintético.

Tabla 18: Resultados del ensayo de CBR al 95% DMS

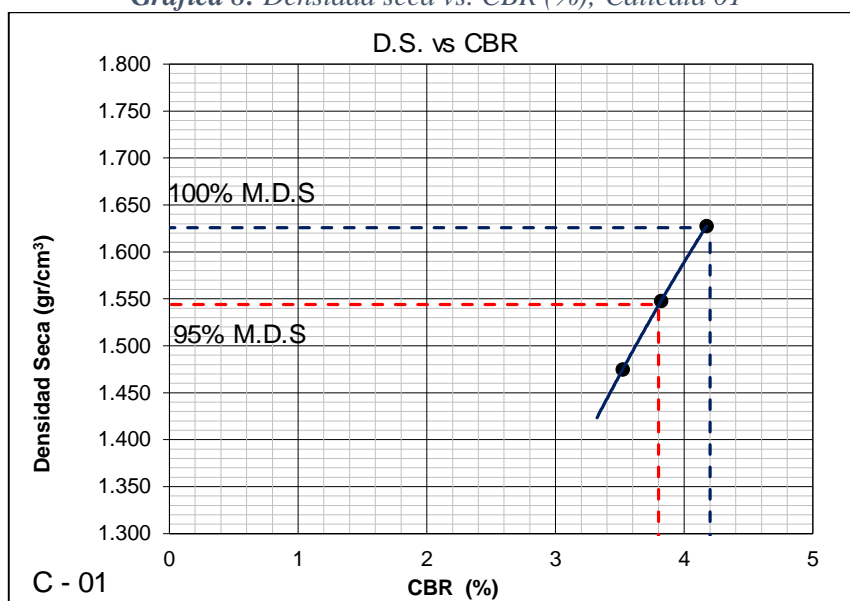
GOLPES		C - 01			C - 02			C - 03			
		56	25	12	56	25	12	56	25	12	
D.M.SECO	g/cm3	1.626	1.544	1.475	1.480	1.406	1.328	1.794	1.704	1.556	
EXPANSIÓN	%	1.126%	1.480%	1.634%	1.170%	1.745%	1.723%	1.502%	1.767%	1.723%	
ESFUERZO CORREGIDO	Kg/cm2	0.1"	4.2%	3.8%	3.5%	5.2%	4.7%	4.4%	4.6%	4.4%	4.2%
		0.2"	4.2%	3.9%	3.7%	4.5%	4%	3.8%	4.2%	3.9%	3.8%
VALOR DE CBR	%	0.1"	4%	4%	3.5%	5%	5%	4.4%	5%	4%	4.2%
		0.2"	4%	4%	3.7%	5%	4%	3.8%	4%	4%	3.8%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 18, el resumen de capacidad de soporte CBR, donde el CBR al 95% de la máxima densidad seca son 3.8%, 4.7% y 4.4% respectivas de las calicatas C – 01, C -02 y C – 03; valores que son menores al 6%; valor mínimo para un CBR según el manual de carreteras de ministerio de transportes. En estos casos se opta por buscar métodos que mejoren su estabilidad.

En la Grafica 8, se muestra el valor de CBR al 95% de su densidad máxima seca a 0,1'' para el ensayo de CBR de la calicata 01. Menciona que al 95% de la densidad máxima seca tiene un valor de CBR 3.8% con una densidad 1.59 gr/cm3.

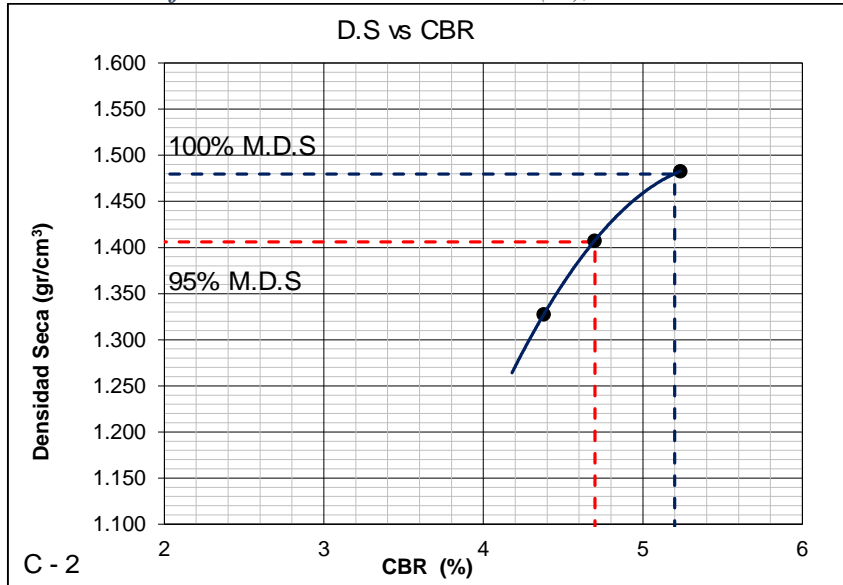
Grafica 8: Densidad seca vs. CBR (%); Calicata 01



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica 9, se muestra la variación de CBR con respecto a su densidad seca, el valor máximo de CBR 4.2% tiene una densidad 1.420 gr/cm3, estos valores generan que la subrasante sea inestable con un alto porcentaje de retención de agua.

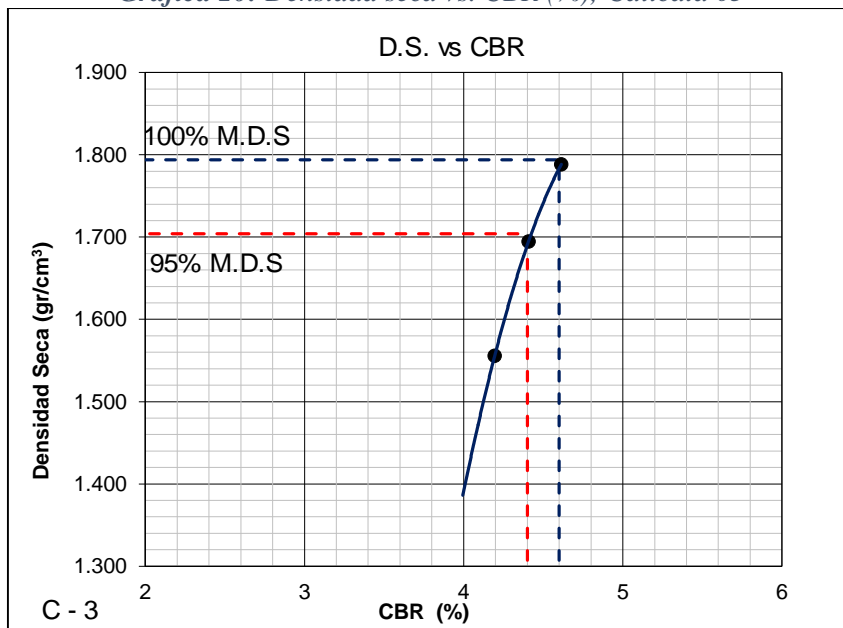
Grafica 9: Densidad seca vs. CBR (%); Calicata 02



Fuente: Elaboración Propia

De la Grafica 10, se muestra la gráfica de CBR de la calicata C -03, donde los valores del índice de CBR son de 4.8% al 95% de la densidad máxima seca.

Grafica 10: Densidad seca vs. CBR (%); Calicata 03



Fuente: Elaboración Propia

Los valores de CBR indican la calidad de resistencia de una subrasante, si esta subrasante presenta CBR menores que el 6%, se recomienda estabilizar el suelo, aumentar su carga de compactación o cambiar el material por otro de buena calidad.

En la siguiente la tabla 19, muestra el resumen del ensayo de CBR, resultados de resistencia a la deformación de un suelo de cada calicata presenta valores de estabilidad, esto se debe que la subrasante tiene un alto porcentaje de arcillas que tienden a captar humedad.

Tabla 19: Resumen de resultados de ensayo de CBR

CBR	ENSAYO C - 1		ENSAYO C - 2		ENSAYO C - 3	
	0.1''	0.2''	0.1''	0.2''	0.1''	0.2''
100% M.D.S	4%	4%	5%	5%	5%	4%
95% M.D.S	4%	4%	5%	4%	4%	4%

Fuente: Elaboración Propia

La subrasante de suelo arcilloso muestra muchos problemas que sufren al tener inestabilidad volumétrica y de baja capacidad de resistencia como se logró observar en los resultados de CBR, siendo estos valores inferiores al 6 % y sabiendo que una subrasante de estabilidad volumétrica y buena capacidad portante debe ser superiores al 6%; de caso contrario se recomienda estabilizar la subrasante inestable con cualquier método o adición de aditivos que recomienda el MTC, así como el método que plantea la presente investigación. El resultado del CBR está muy relacionado con las distribuciones granulométricas del suelo, en las tres calicatas realizadas se observa mayor presencia de partículas finas limo arcillosas y escasa presencia de agregado grueso llamado grava, razón por la cual presenta valores inferiores al 6% de soporte de CBR estipulado por el manual de carreteras (estudio de geotecnia, suelos y pavimentos, MTC). Para la estimación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras es necesario determinar el índice de grupo (IG), la cual está en función del límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP), para una buena subrasante conviene que el (IP) sea lo más cercano posible a cero, estos valores se logra consiguiendo valores de plasticidad bajos, en la sección de muestra estudiada los valores de límites líquido y plástico son relativamente altos, puesto que los suelos presentan gran porcentaje de arcillas logrando que su plásticos sea alto y su IG no sea próximo a cero; concluyendo que la muestra de suelo tiene que ser mejorada a nivel de características física y mecánicas, una manera de mejor es adicionando grava o material similar que cumpla similares funciones.

Los valores de CBR en las muestras ensayadas son menores al 6%, esto se debe a la carencia de gravas, por lo que en los siguientes ensayos se adicionara polímeros sintéticos (botellas y bolsas trituradas) mayores a 4.760 mm para que cumpla la función de grava, esto le dará mayor fricción y por ende mayor resistencia al corte.

3.2. DETERMINACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN Y USO DE LOS POLÍMEROS SINTÉTICOS COMO ADITIVO.

Puesto que las muestras carecen de gran porcentaje de gravas, se sustituyó con el aditivo propuesto para esta investigación, adicionando polímero sintético (botellas y bolsas plásticas) en diferentes dimensiones y en porcentajes 3%, 6% y 9% con respecto del suelo seco, con el objetivo de encontrar una dosificación óptima cuantificando en valor de soporte (CBR).

A) DETERMINACIÓN DE TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS DE POLÍMERO SINTÉTICO

Para determinar la dosificación óptima suelo – polímero y cuantificarlo en función al índice del CBR, se tamizó el material desde la malla ½’’ hasta la malla N° 6 con el objetivo de clasificarlos por sus dimensiones y realizar ensayos con diferentes dimensiones de polímero.

En la tabla 20, se muestra las dimensiones adecuadas para realizar el ensayo de CBR, reemplazando la grava por polímero sintético y basándose en la tabla 2 donde clasifica el suelo con respecto a su dimensión, clasificamos el material que se utilizara. Sabiendo que grava se considera a toda las partículas de 4.75 mm hasta 76.0 mm.

Tabla 20: Resumen de resultados de tamizado de Polímero sintético

TAMICES	ABERTURA	PESO RETENIDO	PESO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
½’’	12.700	25.9	6.5	6.5	93.5
3/8’’	9.525	45.5	11.4	17.9	82.1
¼’’	6.35	126.9	31.7	49.6	50.4
N° 4	4.76	178.2	44.6	94.1	5.9
PASANTE		23.5	5.9	100	0

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 20, Para el tamizado del polímero sintético se tomó una muestra representativa de 400 gr y se puede observar que material retenido desde la malla ½’’ hasta la malla N° 4 es de 376.5 gr lo que significa que el 94 % del material tiene una dimensión de entre 4.76 mm hasta 12.7 mm, por lo que este material será utilizado para los ensayos ya que lo que se quiere conseguir es reemplazar la grava por el polímero sintético a la muestra de suelo que suelo con mayor porcentaje en finos.

Determinando que para los ensayos siguientes de CBR se utilizara polímero sintético pasante de la malla ½’’ y retenidos en la malla N°4 en porcentajes de 3%, 6% y 9% respecto al peso de suelo seco.

B) ENSAYOS DE CBR CON ADITIVO POLÍMERO SINTÉTICO

Para ensayos de CBR con aditivo polímero sintético se separó el material con dimensiones de aproximadamente (4.76 mm a 12.7 mm), para utilizarlos en las muestras.

En la tabla 21, se detalla el resumen de los ensayos realizados a las tres calicatas con contenido de polímero sintético al 3% respecto al peso seco de la muestra, este porcentaje que utilizo para moldes con 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente.

Tabla 21: Resultados de ensayo de CBR de suelo natural con 3% Polímero sintético

GOLPES		C - 01			C - 02			C - 03			
		3% Polímero sintético			3% Polímero sintético			3% Polímero sintético			
		56	25	12	56	25	12	56	25	12	
D.M.SECO	g/cm3	1.609	1.529	1.407	1.479	1.405	1.319	1.779	1.690	1.528	
EXPANSIÓN	%	1.215%	1.436%	1.568%	1.104%	1.634%	1.745%	1.281%	1.303%	1.414%	
ESFUERZO CORREGIDO	Kg/cm2	0.1’’	4.3%	4.1%	3.8%	5.4%	5%	4.3%	5.3%	5%	4.5%
		0.2’’	4.1%	3.0%	3.3%	4.5%	4.3%	3.7%	4.3%	4.1%	3.7%
VALOR DE CBR	%	0.1’’	4%	4%	3.8%	5%	5%	4.2%	5%	5%	4.5%
		0.2’’	4%	4%	3.3%	5%	4%	3.7%	4%	4.1%	3.7%

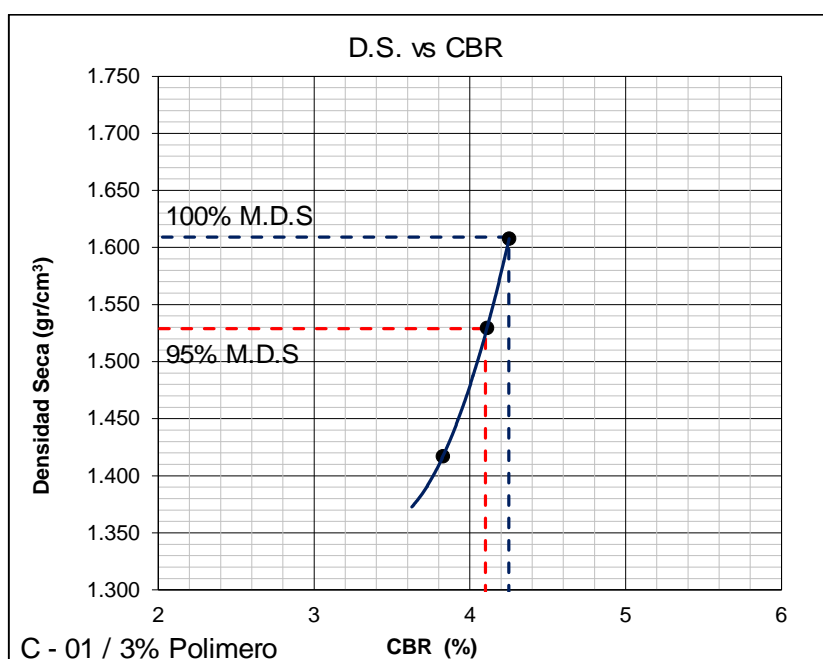
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ensayo de CBR, de suelo – 3% polímero sintético tienen un aumento de su resistencia, pero no pasan el 6% de CBR mínimo, por lo que no se puede determinar que existen mejoras en altos porcentajes de resistencia.

Un suelo con altos contenidos de arcilla genera inestabilidad, para el suelo utilizado en la investigación adicionando un polímero sintético al 3% genera aumento mínimos de resistencia, por lo que concluye que es por el alto contenido de plasticidad que cuenta el suelo.

En la Grafica 10, se observa la gráfica de densidad seca vs. CBR para muestras de suelo más el 3% de polímero sintético, para un 95% de su densidad seca. Se observa que el valor de CBR aumentado en un 0.3% del suelo sin adición.

Grafica 10: Densidad seca vs. CBR (%); Calicata 01 más el 3% de Polímero sintético



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 22, se muestra el resumen de los ensayos realizados a las tres calicatas con contenido de polímero sintético al 6% respecto al peso seco de la muestra, este porcentaje que utilizo para moldes con 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente.

Tabla 22: Resultados de ensayo de CBR de suelo natural con 6% Polímero sintético

GOLPES		C - 01			C - 02			C - 03			
		6% Polímero sintético			6% Polímero sintético			6% Polímero sintético			
		56	25	12	56	25	12	56	25	12	
D.M.SECO	g/cm3	1.587	1.507	1.419	1.468	1.395	1.313	1.762	1.670	1.621	
EXPANSIÓN	%	1.259%	1.458%	1.546%	2.695%	2.893%	3.203%	1.480%	1.679%	1.899%	
ESFUERZO CORREGIDO	Kg/cm2	0.1"	3.5%	3.3%	2.2%	3.5%	3.2%	2.9%	3.5%	2.6%	2.3%
		0.2"	3.5%	3%	2.8%	3.4%	3.1%	2.8%	3.6%	3%	2.5%
VALOR DE CBR	%	0.1"	3%	3%	2.2%	4%	3%	2.9%	3%	3%	2.3%
		0.2"	3%	3%	2.8%	3%	3%	2.8%	4%	3%	2.5%

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados, suelo natural más adición de 6% polímero sintético tiene un efecto no favorable para la subrasante de suelo arcilloso de media plasticidad, ya que se observa que su variación de volumen es mayor en comparación con el suelo natural, siendo un aumento hasta un 3%. El aumento de variación volumétrica (expansión) no permite que el suelo tenga buena capacidad de resistencia, tal es el motivo de los resultados de valores de CBR que en suelo natural fueron de 4% a 5%, y con la adición de 6% polímero sintético su CBR

disminuye en un 2.3% a 3%. Concluyendo que el suelo – 6% polímero sintético está en la categoría de suelo pobre en resistencia.

En siguiente tabla 23, se muestra el resumen de los ensayos realizados a las tres calicatas con contenido de polímero sintético al 9% respecto al peso seco de la muestra, este porcentaje que utilizo para moldes con 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Seguido se tiene la imagen 16, donde se muestra la gráfica de CBR al 95% de su máxima densidad seca con aditivo 9%.

Tabla 23: Resultados de ensayo de CBR de suelo natural con 9% Polímero sintético

GOLPES		C - 01			C - 02			C - 03			
		9% Polímero sintético			9% Polímero sintético			9% Polímero sintético			
		56	25	12	56	25	12	56	25	12	
D.M.SECO	g/cm3	1.578	1.499	1.442	1.451	1.379	1.308	1.750	1.663	1.530	
EXPANSIÓN	%	2.518%	2.628%	2.695%	2.849%	2.960%	3.070%	1.546%	1.877%	2.120%	
ESFUERZO CORREGIDO	Kg/cm2	0.1"	2.4%	1.8%	1.6%	2%	1.8%	1.6%	3.7%	3.4%	2.8%
		0.2"	3.1%	2.3%	2.0%	2.4%	2.1%	1.9%	3.4%	3.2%	2.7%
VALOR DE CBR	%	0.1"	2%	2%	1.6%	2%	2%	1.6%	4%	3%	2.8%
		0.2"	3%	2%	2%	2%	2%	1.9%	3%	3%	2.7%

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados, el suelo – 9% polímero sintético tiene una disminución en su densidad máxima seca, pero no tiene buena filtración ya que su expansión aumento en 1.8% hasta 3% de suelo natural, haciendo que el suelo sea menos resistente a la deformación por cargas; puesto que la capacidad portante CBR al 95% de la densidad máxima seca disminuye a un 2% hasta en un 3% de un suelo natural, valores inferiores al 6% CBR admitido por el manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC.

En la siguiente tabla 24, se muestra el resumen de CBR de suelo al 95% DMS y se determinó el aumento porcentual con respecto al suelo sin el aditivo polímero sintético.

Tabla 24: Resumen de ensayos de CBR de suelo natural y con aditivo de Polímero sintético

SUELO		ENSAYO C - 1				ENSAYO C - 2				ENSAYO C - 3			
		S.N.	SUELO + POLÍMERO			S.N.	SUELO + POLÍMERO			S.N.	SUELO + POLÍMERO		
			3%	6%	9%		3%	6%	9%		3%	6%	9%
M.D.S	g/cm3	1.62	1.61	1.59	1.58	1.48	1.48	1.47	1.45	1.79	1.78	1.76	1.75
EXPANSIÓN	%	1.41%	1.41%	1.42%	2.61%	1.55%	1.49%	2.93%	2.96%	1.66%	1.33%	1.69%	1.85%
CBR	100%	4.2%	4.3%	3.5%	2.4%	5.2%	5.4%	3.5%	2%	4.6%	5.3%	3.5%	3.4%
	M.D.S												
	95% M.D.S	3.8%	4.1%	3.3%	1.8%	4.7%	5%	3.2%	1.8%	4.4%	5%	2.6%	3.1%

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados mostrados en la tabla 24 se observa que la adición de polímero sintético de 3%, 6% y 9% a cada muestra de suelo, tiene una variación en los valores de su densidad máxima seca, expansión y CBR con respecto al suelo natural.

Comparando la densidad máxima seca de suelo natural con los aditivos utilizados se observa que hay una disminución entre 0.01 g/cm³ hasta 0.04 g/cm³ respectivamente, lo que significa que la adición de polímeros en un 3%, 6% y 9% disminuye el peso de la muestra asiendo que la densidad disminuya.

La expansión de los ensayos con aditivo incrementa entre 1 % a 3 %, con respecto a los ensayos sin aditivo; no hay mucha incidencia sobre la expansión del suelo, el aumento de la expansión se debe a que el suelo – polímero es menos denso y esta mezcla genera vacíos entre el plástico y la arcilla ya que no existe cohesión entre ellas

Con respecto a la resistencia de suelo, obteniendo un CBR de un 0.3% hasta 0.6 % respectivamente, valores menores del 6%, lo que significa que la subrasante no se encuentra en la categoría subrasante buena según el cuadro de clasificación de subrasante vs. Índice CBR del MTC. Pese que a un porcentaje de aditivo de 3% si aumenta su resistencia este valor no logra pasar índice de CBR permitido.

Se observa que al aumentar el porcentaje de adición de 6% y 9% a la muestra de suelo, esto genera que la densidad seca disminuya, y al contacto con el agua las partículas de arcilla tienen una variación de volúmenes mayores que al suelo sin adición, esto genera que el suelo tenga menores resistencias, haciendo un suelo inestable.

IV. DISCUSIÓN

En la discusión de la investigación, haremos mención de los resultados de investigaciones realizadas con polímero y se realizara una comparación con los resultados de la investigación, para dar un breve comentario de comparación de resultados.

Discusión 1. En concordancia a los antecedentes de la investigación realizada en la provincia de Esmeralda, Quito por los tesisistas Sebastián Lascano Luis Narvaes Sánchez (2010), donde los suelos estudiados en estado natural fueron grava arcillosa (A-2-6), con un CBR medidos de 18% al 21%. Aplicando la adición de PVC en un porcentaje de 3% y 9%, concluye que la adición de PVC disminuye su densidad seca de 1.92 gr/cm³ (estado natural) a 1.89% gr/cm³, pero sin que esto afecte a su resistencia, por lo contrario se genera una relación inversamente proporcional: mientras que la densidad seca máxima disminuye la resistencia aumenta.

En la investigación los suelos estudiados en estado natural extraídos de la carretera Chachapoyas – Huancas, en departamento de Amazonas fueron arcilla de media plasticidad (A – 7 – 6), con un CBR de 3.8% al 5% medidos al rango del 95% de la densidad seca. Aplicando el polímero sintético en un 3%, 6% y 9%, se concluye que para las tres proporciones de adición existe una disminución de la densidad seca máxima, y que solo a la adición de 3% polímero sintético – suelo se genera un aumento en la resistencia en un 0.3% al 0.6% del suelo natural; en la adición de 6% y 9% polímero sintético – suelo genera una disminución de su resistencia en 1.8% hasta 3.3% de suelo natural.

Comparando los resultados podemos determinar que la densidad seca máxima de un suelo no es inversamente proporcional a su resistencia, ya que de acuerdo a los resultados la densidad seca máxima va disminuyendo, mientras que su resistencia aumenta o disminuye, eso dependerá del tipo de suelo y de la cantidad de adición de polímero se aplique.

Discusión 2. En concordancia a los antecedentes de la investigación realizada en la carretera Pucara – Huancavelica por el tesisista Gabriel Ramos (2014), donde los suelos estudiados en estado natural fueron limo arcillosos (A-5), aplicando polímero PET en porcentaje de 1.5% con respecto al suelo natural y en dimensiones de 5 a 10 mm, existe un incremento de CBR en 26%, concluyendo que esto se debe a que el polímero PET es un material resistente y adicionando al suelo permite que este tenga mayor cohesión y resistencia al corte.

En la investigación los suelos más la adición del 3% polímero sintético en dimensiones de 3 a 10 mm, tiene un aumento de su capacidad de soporte CBR en un rango de 0.3% a 0.6%

con respecto al CBR en estado natural. El incremento de resistencia del suelo con polímero sintético no fue valores superiores al índice de CBR 6%, establecido por las normas de carreteras de ministerio de transporte y comunicaciones MTC.

Comparando los resultados podemos determinar que el polímero sintético no es un material de alta resistencia, ya que a más porcentaje de adición de polímero al suelo, esto genera más fucción y menos cohesión con los suelos finos, ya que el polímero sintético es un material no poroso haciendo que el suelo sea poco resistente al corte.

Discusión 3. En concordancia a los antecedentes de la investigación que estudia los polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas volumétricas por los investigadores López Teresa, Hernández Juan y Castaño Víctor (2010), donde el tipo de suelo fue suelo arcilloso de alta plasticidad (CH) con una variación de volumen 4.7%, aplicando el 5% de polímero con respecto al suelo seco y en dimensiones de 3.5 cm se produjo una disminución de su expansión en 2.7%, teniendo como conclusión que la aplicación de polímero en un 5% tiene un reducción volumétrica.

En la investigación la expansión del suelo natural más alto fue de 1.66% y utilizando el polímero en porcentaje de 9% y dimensiones de 3 a 10 mm su expansión aumento en un 2.96%, concluyendo que la variación de volumen aumenta a medida que se va incrementando la cantidad de polímero.

Comparando los resultados podemos discrepar que la expansión volumétrica de un suelo arcilloso no depende de la cantidad, sino de las dimensiones en la que se utilice el polímero, ya que el polímero en un material impermeable y no deja pasar el agua.

Discusión 4. En concordancia a los antecedente de la investigación de análisis de la inclusión de polímero en una subrasante, realizado por el investigado Feroz, khan (2016), donde el estudio de suelo natural fue arcilla de alta plasticidad (CH) teniendo un CBR de 4,7%, aplicando el polímero en dimensiones de 2.5 cm a 3 cm y en porcentajes de 9% tuvo un incremento de CBR en un 7% y 9%, concluyendo que el incremento de polímero genera un aumento de la resistencia, esto debido a que la fibra de polímero es un material de baja densidad y flexible haciendo que sea resistente al corte.

En la investigación el suelo en estado natural tuvo un CBR entre 3.8% a 4.7%, teniendo baja resistencia, con la adición de polímero al 9% en dimensiones de 3 a 10 mm tuvo una disminución de su CBR en un 3.7% hasta un 1.8%, por lo que se concluyó que a más adición

de polímero va ir disminuyendo su capacidad de soporte generando que el suelo se inadecuado para una subrasante de carretera.

Comparando los resultados podemos observar que la adición de polímero sintético a un 9% no mejora las propiedades de su la resistencia del suelo, por lo que se puede concluir que se puede concluir que este método es efectivo en la estabilización usando residuos de material plástico hasta cierto punto.

V. CONCLUSIONES

Después de haber realizado los estudios de las características físicas y mecánicas de las muestras de suelo con contenido de arcillas, con respecto a su densidad máxima seca, expansión y capacidad de soporte (CBR) teniendo resultados y comparándolos con los resultados de suelo con adición de polímero sintético se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- Se demuestra parcialmente a la hipótesis que dice: la inclusión del polímero sintético a la subrasante de suelo arcilloso mejora sus propiedades aumentando su estabilidad. La estabilidad de un suelo depende de sus características físicas mecánicas, como la resistencia a la deformación ante cargas vehiculares, la densidad y el grado de humedad. De acuerdo a los resultados se concluye que la inclusión del polímero sintético mejora en algunas propiedades físicas mecánicas del suelo, haciendo que sea regularmente estable; estas mejoras se detallara en los siguientes puntos.
- Se demuestra parcialmente la hipótesis que dice: El uso de polímero sintético tiene un efecto significativo en su CBR para la subrasante de suelo arcilloso. De los resultados se observa que para un suelo más adición del 3% polímero sintético aumenta su capacidad de soporte (CBR) en un 0.3% hasta 0.6% de la capacidad de soporte CBR de suelo sin adición; concluyendo que la adición de suelo – polímero sintético en bajas proporciones como al 3% se logra mejorar su resistencia a la deformación provocada por las cargas vehiculares. Esto se debe a que el polímero sintético es un material resistente de baja densidad lo cual a adicionar a la subrasante tiende a tener mayor ficción y resistencia al corte.
- Se demuestra parcialmente la hipótesis que dice: La aplicación del polímero sintético en la subrasante de suelo arcilloso mejora su expansión de la carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas. Para las tres muestras de suelo se observa que la expansión de suelo arcilloso con la adición de polímero sintético en porcentajes de 6% y 9% aumenta su variación volumétrica en 1% hasta 2% de la expansión de suelo natural; esto se debe a que el polímero sintético de baja densidad es un material poco poroso y no tiene cohesión con las partículas de arcilla, haciendo que la compactación no sea optima provocando que se genere más retención de humedad.
- Se demuestra parcialmente la hipótesis que dice: La aplicación del polímero sintético en la subrasante de suelo arcilloso aumenta la densidad seca máxima de la carretera Chachapoyas – huancas, Amazonas. De los resultados obtenidos se concluye que la densidad máxima seca de un suelo más polímero sintético en los porcentajes de

3%,6% y 9% disminuye entre 0.01gr/cm³ hasta un 0.04 gr/cm³ con respecto a la densidad de suelo natural.

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Es recomendable que este método de estabilización se utilice para subrasante de suelo arcilloso de media a baja plasticidad y que tengan de capacidad portante mayores o iguales a 5.2 %, en un adición de polímero sintético de 3% con dimensiones de 5 a 10 mm.
- 2) Debido a las diferentes propiedades que se puede encontrar en una subrasante de suelo, es necesario para una buena estabilización. Por lo que antes de aplicar algún aditivo, se debe realizar estudios de suelo para analizar el porcentaje de adición con el cual es suelo mejora sus propiedades.
- 3) La subrasante de suelo arcilloso presentan un fenómeno de expansión susceptible de sufrir cambios volumétricos por cambios de humedad, por lo que el uso de adición de polímero sintético permitirá que el suelo tenga filtración, disminuyendo los cambios volumétricos, recomendando que se realice un mayor estudio en este comportamiento.
- 4) Analizar, evaluar y profundizar la utilización de material estabilizador más usados y recomendado por el manual de carreteras del ministerio de transporte y comunicaciones, para realizar comparaciones de porcentajes de estabilización con el suelo – polímero sintético al 3%.
- 5) Analizar, evaluar y profundizar otras propiedades físicas mecánicas de subrasante de suelo arcilloso, como los límites de Atterberg, utilizando polímero sintético que pasen por la malla N° 200.
- 6) Realizar, evaluar y profundizar la investigación, utilizando otros materiales reciclables como Pvc, Tecnoport, ceniza, entre otros para estabilizar un suelo o para utilizarlos como reforzamiento de los aditivos más utilizados en la estabilización de suelo recomendado por MTC.
- 7) Realizar, evaluar y profundizar la investigación, utilizando el polímero sintético como refuerzo de los aditivos comunes de estabilización que están normalizados por el Manual de carreteras del Ministerio de Transportes; como la cal, cemento, asfalto,etc.

REFERENCIAS

1. **BADILLO, Juárez y RODRÍGUEZ, Rico.** Fundamentos de la mecánica de suelos. Mecánica de suelos. 1º Tomo, México: 2011, 642 pp.
2. **BORJA, Manuel.** Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2012, 38pp. Disponible en:
<https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil>
3. **BOTIA, Wilman.** Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos y Memoria de Cálculos. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granda, 2015. Disponible en:
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/6239/1/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf>
4. **BRAGA M. Das.** Fundamentos de la ingeniería geotecnia. 7ta Ed. México: 2013, 658 pp. Disponible en:
<https://civilwor.files.wordpress.com/2016/09/ing-cimentaciones-braja-das-7ma-ed.pdf>
5. **CARRASCO, Sebastián.** Metodología de la investigación científica: 5ta Edición: Editorial: San marcos. (2012).
6. **Centro de Investigación Empresarial.** Estadísticas del estado de infraestructura vial. Lima – 2010.
7. **CHOQUE, Godoy.** Estructura y propiedades de los polímeros. 1º Tomo, México: 2008, 487 pp.
8. **CRESPO, Carlos.** Mecánica de Suelos y Cimentaciones. 5ª Ed. México: Limusa, 2004, 652 pp. Disponible en :
<https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
9. **FEROZ, Hanif Khan.** Analysis of the influence of waste polymer of soil subgrade. India: International Research Journal of Engineering and Technology (2016). Disponible en:
<https://www.irjet.net/archives/V3/i3/IRJET-V3I3379.pdf>
10. **FYJJ.** Laboratorio de Mecánica de Suelos. Estudio de suelos para Pavimentación. Cusco - 2015.

11. **GÓMEZ, Marcelo.** Introducción a la Metodología de la Investigación Científica: 1° Ed. Córdoba: Brujas 2006, pp160.
<http://pdfhumanidades.com/sites/default/files/apuntes/Gomez%20-%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>
12. **GUTIÉRREZ, Carlos.** Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas compartidas del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de calcio. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2010. Disponible en:
http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/116/gutierrez_ca.pdf?sequence=1&isAllowed=y
13. **HERNÁNDEZ, Roberto., BAPTISTA, Pilar.** Metodología de la investigación: 5° Ed. México: 2012, 656pp.
https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
14. **JUNCO DEL PINO, Juan.** Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras. Revista de Ingeniería y Arquitectura, Vol. 5. Julio - 2011. Disponible en:
<file:///C:/Users/ADM55/Downloads/DialnetAditivoQuimicoObtenidoDeSalesCuaternariasEmpleadoP-3711821.pdf>
15. **KRAEMER, Carlos, PARDILLO, Jose, ROCCI, Sandro, ROMANA, Manuel, SÁNCHEZ, Blanco.** Ingeniería de Carreteras. 2 Vol. España: 2004, 789 pp.
<https://www.udocz.com/read/ingenieria-de-carreteras-volumen-ii-1>
16. **LASCANO, Sebastián y NARVÁEZ, Luis.** Mejoramiento de la capacidad portante del CBR de una sub base granular con material proveniente de la provincia de esmeralda por medio de la acción de desecho de PVC. Tesis (Ingeniero civil). Quito: Pontificia Universidad Católica de Ecuador. (2010) Disponible en:
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/2662/T-PUCE-3422.pdf?sequence=1>
17. **LEIVA, Roly.** 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. Tesis (Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad del Centro del Perú. (2016). Disponible en:

- <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1181/Leiva%20Gonzales%20Roly%20Roberth%20-%202016%20-%20Pregrado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
18. **LÓPEZ, Teresa, HERNÁNDEZ, Juan, HORTA, Jaime, CORONADO, Aleyda y CASTAÑO, Víctor.** Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. Revista Iberoamericana de Polímeros. (Vol. 11(3)).Mayo (2010). Disponible en:
<http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/MAY10/lopez.pdf>
 19. **LÓPEZ, José.** Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado (PET). Escuela de ingeniería de Antioquia – 2013
 20. **Ministerio De Transportes y Comunicaciones.** Dirección General de caminos y Ferrocarriles. Manual de especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima - Perú - 2008.
http://www.mtc.gob.pe/portal/home/publicaciones_arch/ETG-CBVT_VOLUMEN%20I.pdf
 21. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. sección: Suelo y Pavimento. Lima - 2013.
 22. **PALOMINO, Karen.** Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Privada del Norte. (2016) Disponible en:
<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10489/Palomino%20Ter%C3%A1n%20Karen%20Estefany.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 23. **RAMOS, Gabriel.** Mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará – Huancavelica, 2014. Tesis (Ingeniero Civil). Huancavelica: Universidad del Centro del Perú - 2014. Disponible en: [file:///C:/Users/ADM55/Downloads/TCIV_25%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/ADM55/Downloads/TCIV_25%20(5).pdf)
 24. **RANGEL, Roberto y GILER, José.** Metodología de la investigación: Edición San Marcos (2010).
 25. **RODRÍGUEZ, Edgar, RONDÓN, Hugo, VÉLEZ, Diana. y AGUIRRE, Leidy.** Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase .Revista Ingenierías Universidad de Medellín, Vol. 5. (2006).
 26. **SÁNCHEZ, Leyva.** Proctor vs. Ramcodes. 4 to congreso venezolano del asfalto (pag. 9) coro: UNEFM – 2012.

27. **ROMERO, Roció y SAÑAC, Cynthia.** Evaluación comparativa mediante la capacidad de soporte y densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para subrasante de pavimento rígido de la Urb. San Judas Chico – Cusco. Tesis (Ingeniero Civil). Cusco: Universidad del Cusco. (2016) Disponible en:
http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/721/3/Rocio_Cynthia_Tesis_bachiller_2016.pdf
28. **ROCA, Ernesto.** Estudio de las propiedades y aplicaciones industriales del polietileno de alta densidad (PEAD). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (2005). Disponible en:
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0639_Q.pdf
29. **SUAREZ, Jaime.** Seminario Rellenos: Estabilización de suelos. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga – Guatemala – 2010.
30. **TAMAYO, Mario.** El Proceso de la investigación científica: 4º Ed. México: 2012, 440pp.
31. **UGAZ, Roxana.** Estabilización de suelo y su aplicación en el mejoramiento de subrasante. Tesis (Ingeniero civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería - 2006.
32. **Universidad de Investigación de Costa Rica.** Guía de la Estabilización o Mejoramiento de rutas no pavimentadas, San José, Costa Rica – 2008.
33. **ZAMORA, Juan y CRISTANCHO, Fernando.** La humedad en las propiedades físicas del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá – 2008.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

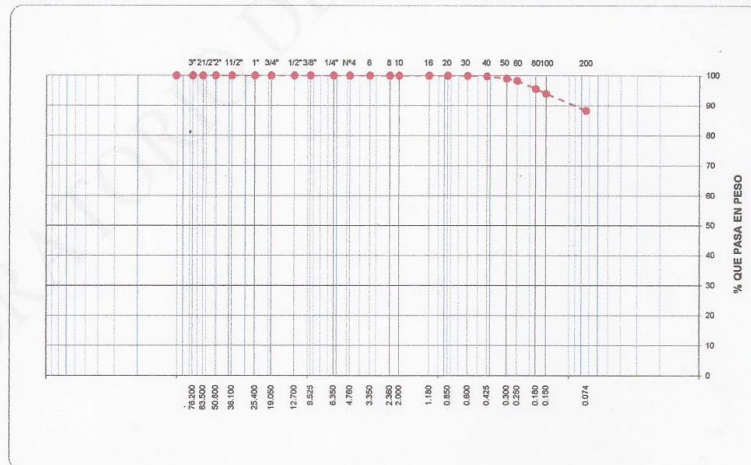
TITULO: Estabilización de suelo arcilloso con el uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas 2018.						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Problema general	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			
¿Qué efecto tiene el uso de polímero sintético en la estabilización de la subrasante de suelo arcilloso?	Analizar el efecto del uso de polímero sintético en el valor relativo de soporte (CBR) para la estabilización en la subrasante de suelo arcilloso.	La inclusión del polímero sintético a la subrasante de suelo arcilloso mejora sus propiedades de estabilización.	Polímero sintético.	Estructura de polímero sintético.	Propiedades químicas	Referencias
				Tipo de polímeros sintéticos.	Variedad de polímeros	Referencias
				Determinación de polímero	Dimensiones de polímero	Granulometría
Problema específico	Objetivo Especifico	Hipótesis Especifico	Variable dependiente			
¿Cómo el uso de polímero sintético influye en el valor de soporte (CBR) para la estabilización de la subrasante de suelo arcilloso?	Analizar el efecto del uso de polímero sintético en el valor relativo de soporte (CBR) para la estabilización en la subrasante de suelo arcilloso.	El uso del polímero sintético tiene un efecto significativo en su CBR para la subrasante de suelo arcilloso.	Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso.	Características de suelo	Textura y clasificación	Granulometría Contenido de humedad Límites de Atterberg Clasificación de suelo AASTHO - SUCS
				Valor de soporte (CBR<6%) de suelo arcilloso.	Resistencia Expansión	Ensayos de CBR
¿Cuál es el efecto del uso de polímero sintético en su expansión para la estabilización en la subrasante de suelo arcilloso?	Determinar el efecto del uso de polímero sintético en su expansión para la estabilización en la subrasante de suelo arcilloso.	La aplicación del polímero sintético en la subrasante de suelo arcilloso mejora su límite de consistencia.		Incremento de densidad máxima seca	Densidad	Ensayo de Proctor
¿Qué efecto tiene el uso de polímero sintético en la densidad máxima seca subrasante de suelo arcilloso?	Determinar el efecto de su densidad máxima seca del uso de polímero sintético en subrasante de suelo arcilloso.	La aplicación del polímero sintético en la subrasante de suelo arcilloso aumenta su permeabilidad.				



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 0001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
FORMATO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
Proyecto: TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018						Codigo Ensayo N°: 0.01 - 2018	
Solicitante: BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ							
Proced: KM. 4+500		Calicata: C - 01		Ing. Responsable: RAUL A. OLANO G.			
Ubica: Coordenada: 61234.01; 775220.04		Profundidad: 1.50 Mts		Fecha: 01/10/2018		Tec. Responsable: M. TAPAYURI CH.	
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Afirmado A-1	Descripción
4"	101.600				100.0		1. Peso de Material
3"	76.200	0.0			100.0		Peso Inicial Total (kg) 300.0
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 0.0
2"	50.800	0.0			100.0		
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		2. Características
1"	25.400	0.0			100.0		Tamaño Máximo
3/4"	19.050	0.0			100.0		Tamaño Máximo Nominal
1/2"	12.700	0.0			100.0		Grava (%)
3/8"	9.525	0.0			100.0		Arena (%) 11.7
1/4"	6.350	0.0			100.0		Finos (%) 88.3
N° 4	4.750	0.0			100.0		Modulo de Fineza (%)
N° 6	3.350	0.0			100.0		
N° 8	2.360	0.0			100.0		3. Clasificación
N° 10	2.000	0.01			100.0		Limite Liquido (%) 51
N° 15	1.180	0.01			100.0		Limite Plastico (%) 29
N° 20	0.850	0.02	0.0	0.0	100.0		Indice de Plasticidad (%) 22
N° 30	0.600	0.1	0.0	0.0	100.0		Clasificación SUCS OH
N° 40	0.425	0.5	0.2	0.2	99.8		Clasificación AASHTO A-7-6 (15)
N° 50	0.300	2.2	0.7	0.9	99.1		
N° 60	0.250	2.3	0.8	1.7	98.3		
N° 80	0.180	8.2	2.7	4.4	95.6		
N° 100	0.150	4.7	1.6	6.0	94.0		5. Observaciones (Fuente de Normalización)
N° 200	0.074	17.1	5.7	11.7	88.3		Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013)
Pasante		264.9	88.3	100.0			



6. Observaciones: Muestra identificada y proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES - AMAZONAS

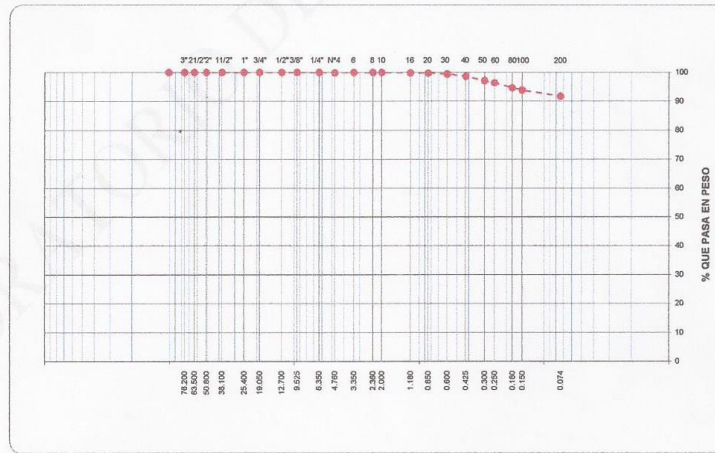


RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO						
FORMATO						
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO						
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)						
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018					Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018	
Solicitante : BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ						
Proced : KM. 4 + 700	Calicata : C - 02	Fecha : 01/10/2017			Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.	
Ubica : Coordenada: 61229.05; 775215.83	Profundidad : 1.50 Mts				Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.	

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Afirmado A-1	Descripcion
4"	101.600				100.0		1. Peso de Material
3"	76.200	0.0			100.0		Peso Inicial Total (kg) 300.0
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 0.0
2"	50.800	0.0			100.0		
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		2. Características
1"	25.400	0.0			100.0		Tamaño Maximo
3/4"	19.050	0.0			100.0		Tamaño Maximo Nominal
1/2"	12.700	0.0			100.0		Grava (%)
3/8"	9.525	0.0			100.0		Arena (%) 8.3
1/4"	6.350	0.0			100.0		Finos (%) 91.8
N° 4	4.750	0.3	0.1	0.1	99.9		Modulo de Fineza (%)
N° 6	3.350	0.0			100.0		
N° 8	2.360	0.0			100.0		
N° 10	2.000	0.01			100.0		3. Clasificación
N° 16	1.180	0.13	0.0	0.1	99.9		Limite Liquido (%) 53
N° 20	0.850	0.27	0.1	0.2	99.8		Limite Plastico (%) 36
N° 30	0.600	0.8	0.3	0.5	99.5		Indice de Plasticidad (%) 17
N° 40	0.425	2.4	0.8	1.3	98.7		Clasificación SUCS OH
N° 50	0.300	4.5	1.5	2.8	97.2		Clasificación AASHTO A-7-5 (13)
N° 60	0.250	2.3	0.8	3.6	96.4		
N° 80	0.180	5.4	1.8	5.4	94.7		
N° 100	0.150	2.4	0.8	6.1	93.9		5. Observaciones (Fuente de Normalización)
N° 200	0.074	6.3	2.1	8.3	91.8		Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013)
Pasante		275.2	91.7	100.0			



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proportcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
DIRECCIÓN DE CAMINOS - AMAZONAS
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELO

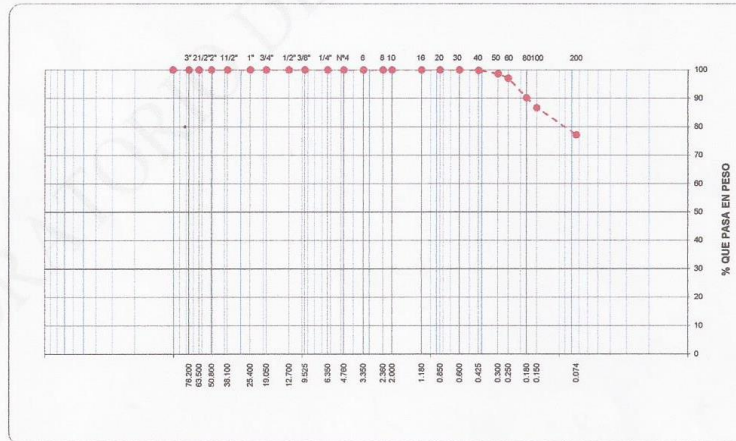
DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
FORMATO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018					Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018		
Solicitante : BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ							
Proced : KM. 4+900		Calicata : C-03		Fecha : 01/10/2018		Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.	
Ubica : Coordenada: 61223.57; 775212.49		Profundidad : 1.50 Mts				Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.	
Tamices ASTM	Apertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Afirmado A-1	Descripcion
4"	101.600				100.0		1. Peso de Material
3"	76.200	0.0			100.0		Peso Inicial Total (kg) 300.0
2 1/2"	63.500	0.0			100.0		Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) 0.0
2"	50.800	0.0			100.0		
1 1/2"	38.100	0.0			100.0		2. Caracteristicas
1"	25.400	0.0			100.0		Tamaño Maximo
3/4"	19.050	0.0			100.0		Tamaño Maximo Nominal
1/2"	12.700	0.0			100.0		Grava (%)
3/8"	9.525	0.0			100.0		Arena (%) 22.8
1/4"	6.350	0.0			100.0		Finos (%) 77.2
N° 4	4.750	0.0			100.0		Modulo de Finezza (%)
N° 6	3.350	0.0			100.0		
N° 8	2.360	0.0			100.0		
N° 10	2.000	0.0			100.0		3. Clasificacion
N° 16	1.180	0.01			100.0		Limite Liquido (%) 35
N° 20	0.850	0.01			100.0		Limite Plastico (%) 22
N° 30	0.600	0.1	0.0	0.0	100.0		Indice de Plasticidad (%) 13
N° 40	0.425	0.5	0.2	0.2	99.8		Clasificacion SUCS CL
N° 50	0.300	3.5	1.2	1.3	98.7		Clasificacion AASHTO A-6 (9)
N° 60	0.250	4.8	1.6	2.9	97.1		
N° 80	0.180	20.8	6.9	9.9	90.2		
N° 100	0.150	10.5	3.5	13.4	86.6		5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.074	28.3	9.4	22.8	77.2		Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)
Pasante		231.6	77.2	100.0			



6. Observaciones: Muestra identificada y proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
DEPORTIVARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
FORMATO					
CONTENIDO DE HUMEDAD					
(MTC E-108 / ASTM D-2216)					
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :	0.01 - 2018	
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ				
Proced :	KM. 4+500	Calicata :	C - 01		
Ubica :	Coordenada: 61234.01; 775220.04	Profundidad :	1.50 Mts	Fecha :	01/10/2018
		Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.		
		Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.		

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripcion	182	193
Peso de tara (gr)	38.9	38.9
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	160.7	160.8
Peso de la tara + muestra seca (gr)	137.1	137.2
Peso del agua contenida (gr)	23.6	23.6
Peso de la muestra seca (gr)	98.2	98.3
Contenido de Humedad (%)	24.0	24.0
Contenido de Humedad Promedio (%)	24.0	

2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :

Descripcion	37	27
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)		
Peso de la tara + muestra seca (gr)		
Peso del agua contenida (gr)		
Peso de la muestra seca (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
Contenido de Humedad Promedio (%)		

6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
(MTC E-108 / ASTM D-2216)			
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018	
Solicitante : BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ			
Proced : KM. 4 + 700	Calicata: C-02	Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.	
Ubica: Coordenada: 61229.05; 775215.83	Profundidad : 1.50 Mts	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.	Fecha : 01/10/2017

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripcion	182	193
Peso de tara (gr)	38.9	38.9
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	167.3	167.3
Peso de la tara + muestra seca (gr)	138.9	138.7
Peso del agua contenida (gr)	28.4	28.6
Peso de la muestra seca (gr)	100.0	99.8
Contenido de Humedad (%)	28.4	28.7
Contenido de Humedad Promedio (%)	28.5	

2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :

Descripcion	37	27
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)		
Peso de la tara + muestra seca (gr)		
Peso del agua contenida (gr)		
Peso de la muestra seca (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
Contenido de Humedad Promedio (%)		

6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
(MTC E-108 / ASTM D-2216)			
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018			Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018
Solicitante : BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ			
Proced : KM. 4+900	Calicata : C-03		Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica : Coordenada: 61223.57; 775212.49	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 01/10/2018	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripción	182	193
Peso de tara (gr)	38.9	38.9
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	160.1	160.1
Peso de la tara + muestra seca (gr)	138.7	138.3
Peso del agua contenida (gr)	21.4	21.8
Peso de la muestra seca (gr)	99.8	99.4
Contenido de Humedad (%)	21.4	21.9
Contenido de Humedad Promedio (%)	21.7	

2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :

Descripción	37	27
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)		
Peso de la tara + muestra seca (gr)		
Peso del agua contenida (gr)		
Peso de la muestra seca (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
Contenido de Humedad Promedio (%)		

6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AFIPORTELERA
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

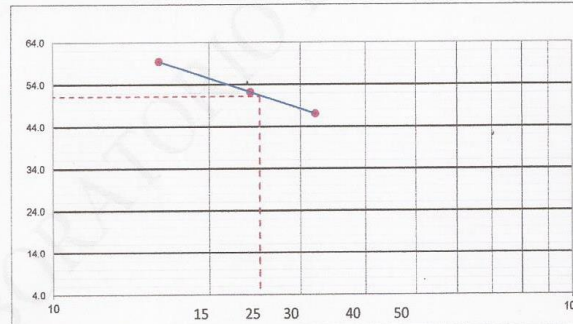
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
LIMITES DE CONSISTENCIA			
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-99)			
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018	
Solicitante : BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ			
Proced : KM. 4+500	Calicata : C - 01	Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.	
Ubica : Coordenada: 61234.01; 775220.04	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 01/10/2018	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		69	116	181	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	36.90	36.99	36.84	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	31.55	32.04	32.27	
Peso de Tarro	gr.	22.56	22.56	22.56	
Peso de Agua	gr.	5.35	4.95	4.57	
Peso del Suelo Seco	gr.	8.99	9.48	9.71	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	59.51	52.22	47.06	51.0
Numero de Golpes		16	24	32	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		49	51	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	14.21	14.66	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	13.63	13.95	
Peso de Tarro	gr.	11.59	11.58	
Peso de Agua	gr.	0.58	0.71	
Peso de Suelo seco	gr.	2.04	2.37	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	28.43	29.98	29.0



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	51.0
Limite Plastico	29.0
Indice de Plasticidad	22.0
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

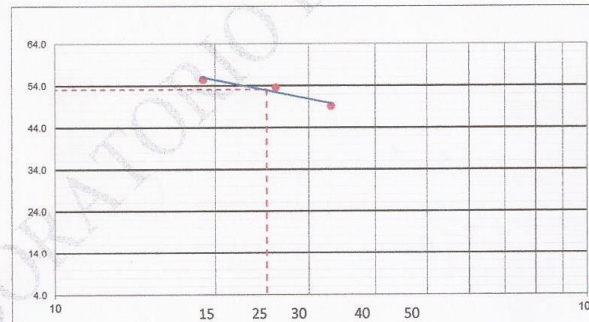
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
LIMITES DE CONSISTENCIA			
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)			
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018	
Solicitante : BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ			
Proced : KM. 4 + 700	Calicata : C - 02	Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.	
Ubica : Coordenada: 61229.05; 775215.83	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 01/10/2017	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		113	121	144	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	38.62	38.53	38.70	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	32.89	32.96	33.38	
Peso de Tarro	gr.	22.56	22.56	22.56	
Peso de Agua	gr.	5.73	5.57	5.32	
Peso del Suelo Seco	gr.	10.33	10.40	10.82	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	55.47	53.56	49.17	53.0
Numero de Golpes		19	26	33	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		70	116		
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	14.17	14.17		
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	13.48	13.49		
Peso de Tarro	gr.	11.58	11.57		
Peso de Agua	gr.	0.69	0.68		
Peso de Suelo seco	gr.	1.90	1.92		Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	36.32	35.42		36.0



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	53.0
Limite Plastico	36.0
Indice de Plasticidad	17.0
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
DIRECCIÓN DE CAMINOS
AMAZONAS
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

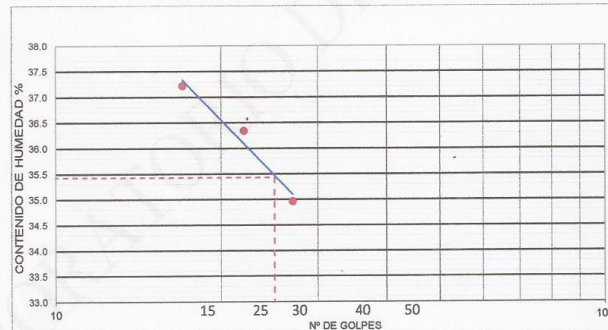
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
LIMITES DE CONSISTENCIA			
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)			
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018	
Solicitante : BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ			
Proced : KM. 4+900	Calicata: C-03	Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.	
Ubica: Coordenada: 61223.57; 773212.49	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 01/10/2018	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		99	119	161	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	39.15	39.33	39.16	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	34.65	34.86	34.86	
Peso de Tarro	gr.	22.56	22.56	22.56	
Peso de Agua	gr.	4.50	4.47	4.30	
Peso del Suelo Seco	gr.	12.09	12.30	12.30	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	37.22	36.34	34.96	35.0
Numero de Golpes		17	22	27	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		10	116	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	14.14	14.15	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	13.68	13.70	
Peso de Tarro	gr.	11.60	11.57	
Peso de Agua	gr.	0.46	0.45	
Peso de Suelo seco	gr.	2.08	2.13	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	22.12	21.13	22.0



Constantes Fisicas de la Muestra	
Limite Liquido	35.0
Limite Plastico	22.0
Indice de Plasticidad	13.0
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
DIRECCION DE CAMINOS
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



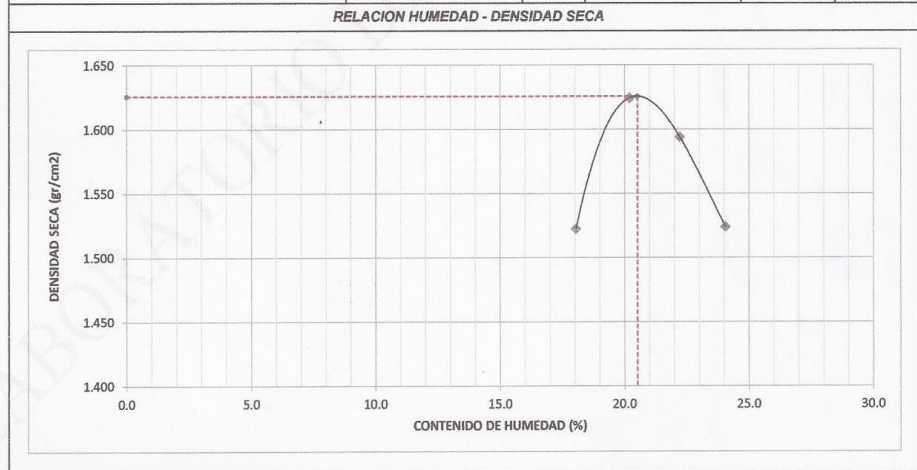
RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Código Ensayo N° : 0.01 - 2018
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		
Proced :	KM. 4+500	Calicata : C - 01	Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica :	Coordenada: 61234.01; 775220.04	Profundidad : 1.50 Mts	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.
		Fecha : 16/10/2018	

Molde N° 1	Diametro Molde	4" 6"			Volumen Molde	930	m3.	N° de capas	5
		A	B	C					
Metodo					Peso Molde	4027	gr.	N° de golpes	56Glp.
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde				gr.	5,699	5,843	5,839	5,786	
Peso Suelo Humedo Compactado				gr.	1,672	1,816	1,812	1,759	
Peso Volumetrico Humedo				gr.	1,797	1,952	1,948	1,891	
Recipiente Numero					3	18	170	198	
Peso Suelo Humedo + Tara				gr.	167.1	168.6	168.7	167.8	
Peso Suelo Seco + Tara				gr.	147.5	146.8	145.1	142.8	
Peso de la Tara				gr.	38.9	38.9	38.9	38.9	
Peso del agua				gr.	19.6	21.8	23.6	25.0	
Peso del suelo seco				gr.	109	108	106	104	
Contenido de agua				%	18.0	20.2	22.2	24.1	
Densidad Seca				gr/cc	1.523	1.624	1.594	1.524	

RESULTADOS					
Densidad Máxima Seca	1.626	(gr/cm3)	Humedad óptima	20.5	%



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPUERTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



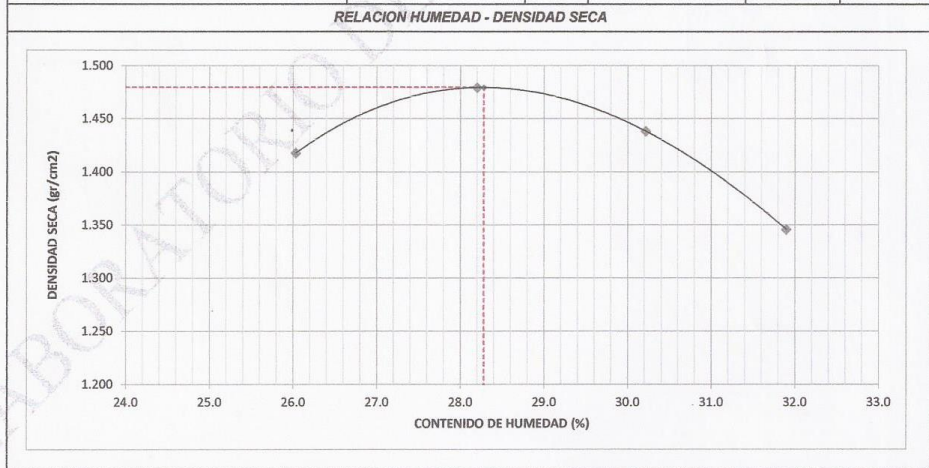
RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
FORMATO							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)							
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018				Código Ensayo N° :	0.01 - 2018	
Solicitante :	BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ						
Proced :	KM. 4 + 700	Calicata :	C - 02		Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.	
Ubica :	Coordenada: 61229.05; 775215.83	Profundidad :	1.50 Mts	Fecha :	16/10/2018	Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

Molde N° 1	Diametro Molde			Volumen Molde	930	m3.	N° de capas	5
	4"	6"						
Metodo	A	B	C	Peso Molde	4027	gr.	N° de golpes	56Glp.
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde			gr.	5,689	5,791	5,769	5,678	
Peso Suelo Humedo Compactado			gr.	1,662	1,764	1,742	1,651	
Peso Volumetrico Humedo			gr.	1,787	1,897	1,873	1,775	
Recipiente Numero				89	123	193	196	
Peso Suelo Humedo + Tara			gr.	178.8	178.9	179.8	180.3	
Peso Suelo Seco + Tara			gr.	149.9	148.1	147.1	146.1	
Peso de la Tara			gr.	38.9	38.9	38.9	38.9	
Peso del agua			gr.	28.9	30.8	32.7	34.2	
Peso del suelo seco			gr.	111	109	108	107	
Contenido de agua			%	26.0	28.2	30.2	31.9	
Densidad Seca			gr/cc	1.418	1.480	1.438	1.346	

RESULTADOS			
Densidad Máxima Seca	1.480	(gr/cm3)	Humedad óptima
			28.3 %



6. Observaciones: Muestra identificada y Proportcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-160)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		
Proced :	KM. 4+900	Calicata: C-03	Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica :	Coordenada: 61223.57; 775212.49	Profundidad : 1.50 Mts	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.
		Fecha : 16/10/2018	

Molde N° 1	Diametro Molde Metodo	4"			6"			Volumen Molde	930	m3	N° de capas	5
		A	B	C	A	B	C					
								4027		gr.	N° de golpes	56Glp.
NUMERO DE ENSAYOS								1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde					gr.			5,858	5,997	5,976	5,924	
Peso Suelo Humedo Compactado					gr.			1,831	1,970	1,949	1,897	
Peso Volumetrico Humedo					gr.			1,968	2,118	2,095	2,040	
Recipiente Numero								37	38	138	157	
Peso Suelo Humedo + Tara					gr.			153.0	151.9	155.7	154.8	
Peso Suelo Seco + Tara					gr.			137.2	134.6	136.1	133.9	
Peso de la Tara					gr.			38.9	38.9	38.9	38.9	
Peso del agua					gr.			15.8	17.3	19.6	20.9	
Peso del suelo seco					gr.			98	96	97	95	
Contenido de agua					%			16.0	18.1	20.1	22.0	
Densidad Seca					gr/cc			1.696	1.794	1.744	1.672	

RESULTADOS			
Densidad Máxima Seca	1.794	(gr/cm3)	Humedad óptima
			18.2 %



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

--



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
APROVATORIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

FORMATO														
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)														
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018						Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018								
Solicitante : BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ														
Proced : KM. 4+500		Calicata : C - 01		Fecha : 26/10/2018		Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.		Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.						
Ubica : Coordenada: 61234.01; 775220.04		Profundidad : 1.50 Mts												
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	1			2			3			5				
Capas N°	5			5			5			5				
Golpes por capa N°	56			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9211.0	9287.0	9039.0	9086.0	8709.0	8764.0								
Peso de molde (g)	5032.0	5032.0	5074.0	5074.0	4911.0	4911.0								
Peso del suelo húmedo (g)	4179.0	4255.0	3965.0	4012.0	3798.0	3853.0								
Volumen del molde (cm ³)	2130.0	2130.0	2124.0	2124.0	2130.0	2130.0								
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.962	1.998	1.867	1.889	1.783	1.809								
Tara (N°)	5			75			117							
Peso suelo húmedo + tara (g)	161.3	711.1	161.3	804.2	161.8	657.4								
Peso suelo seco + tara (g)	138.2	215.0	139.5	652.3	139.1	523.7								
Peso de tara (g)	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9								
Peso de agua (g)	23.1	496.1	21.8	151.8	22.6	133.8								
Peso de suelo seco (g)	99.3	176.1	100.6	613.5	100.2	484.8								
Contenido de humedad (%)	20.5	21.8	20.6	23.3	20.9	25.5								
Densidad seca (g/cm ³)	1.628	1.640	1.548	1.532	1.475	1.441								
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
26/10/18	12:20	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
27/10/18	12:20	24	38	0.965	0.839	50	1.270	1.104	58	1.473	1.281			
28/10/18	12:20	48	47	1.194	1.038	61	1.549	1.347	67	1.702	1.460			
29/10/18	12:20	72	51	1.295	1.126	67	1.702	1.480	74	1.880	1.634			
PENETRACION														
PENETRACION	CARGA		MOLDE N°	M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03		
	STAND.	CARGA		CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION				
mm	pulg.	kg/cm ²	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		15.4	16.4			12.4	13.4			10.8	11.8		
1.270	0.050		32.5	33.5			29.3	30.3			25.4	26.4		
1.905	0.075		47.2	48.2			41.7	42.7			39.6	40.6		
2.540	0.100	70.455	57.9	58.9	-	4.2	52.9	53.9	-	3.8	46.7	47.7	-	3.5
3.810	0.150		73.9	74.9			69.4	70.4			57.9	58.9		
5.080	0.200	105.68	87.2	88.2	-	4.2	80.9	81.9	-	3.9	76.8	77.8	-	3.7
6.350	0.250		97.5	98.5			91.1	92.1			88.2	89.2		
7.620	0.300		106.8	107.8			98.4	99.4			95.7	96.7		
10.160	0.400		123.7	124.7			116.1	117.1			110.5	111.5		
12.700	0.500		138.9	139.9			132.1	133.1			125.4	126.4		

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos
6. Observaciones: Muestra identificada y proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



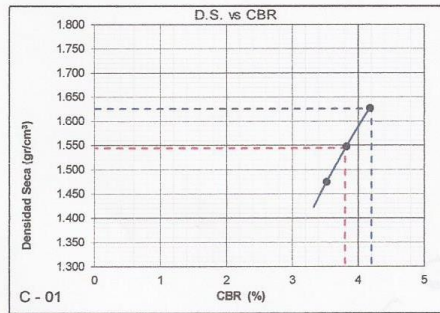
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMBIOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		
Proced :	KM. 4+500	Calicata :	C - 01
Ubica :	Coordenada: 61234.01; 775220.04	Profundidad :	1.50 Mts
		Fecha :	30/10/2018
		Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
		Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

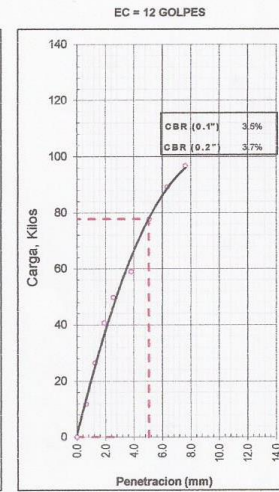
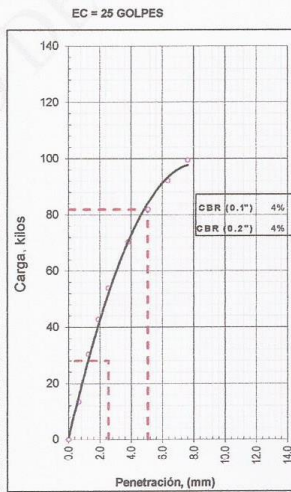
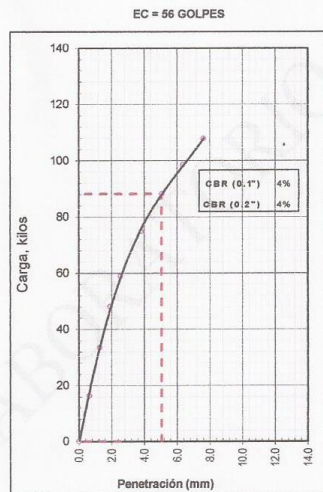
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.626
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 20.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.544

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 4.2 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 3.8 %

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CARRETERAS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
DIRECCION DE CAMINOS
-AMAZONAS
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

FORMATO
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018 Código Ensayo N° : 0.01 - 2018

Solicitante : BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ

Proced : KM. 4 + 700 Calicata: C - 02 Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica: Coordenada: 61229.05; 775215.83 Profundidad : 1.50 Mts Fecha : 26/10/2018 Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

CALCULO DEL CBR

	4		5		6	
Molde N°						
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8961.0	8991.0	8865.0	8899.0	8578.0	8602.0
Peso de molde (g)	4937.0	4937.0	5014.0	5014.0	4945.0	4945.0
Peso del suelo húmedo (g)	4024.0	4054.0	3851.0	3885.0	3633.0	3657.0
Volumen del molde (cm3)	2115.0	2115.0	2131.0	2131.0	2127.0	2127.0
Densidad húmeda (g/cm3)	1.803	1.917	1.807	1.823	1.708	1.719
Tara (N°)	42		129		139	
Peso suelo húmedo + tara (g)	150.5	184.2	150.0	183.2	150.8	182.1
Peso suelo seco + tara (g)	124.7	154.7	123.4	156.3	122.1	157.2
Peso de tara (g)	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8
Peso de agua (g)	25.8	29.5	26.6	26.9	28.7	24.9
Peso de suelo seco (g)	85.9	115.9	84.6	117.5	83.3	118.4
Contenido de humedad (%)	28.3	29.6	28.4	31.0	28.7	33.3
Densidad seca (g/cm3)	1.483	1.480	1.408	1.391	1.328	1.290

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
26/10/18	12:10	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
27/10/18	12:10	24	31	0.787	0.865	51	1.295	1.126	58	1.473	1.281
28/10/18	12:10	48	44	1.118	0.972	69	1.753	1.524	69	1.753	1.524
29/10/18	12:10	72	53	1.346	1.171	79	2.007	1.745	78	1.981	1.723

PENETRACION

PENETRACION	CARGA		MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06	
	STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		25.8	28.8			15.5	16.5			10.4	11.4		
1.270	0.050		48.4	49.4			39.0	40.0			34.6	35.6		
1.905	0.075		64.6	65.6			54.7	55.7			49.2	50.2		
2.540	0.100	70.455	72.9	73.9	-	5.2	65.3	66.3	-	4.7	60.8	61.8	-	4.4
3.810	0.150		85.8	86.8			76.0	77.0			71.2	72.2		
5.080	0.200	105.68	95.2	96.2	-	4.5	83.6	84.6	-	4.0	78.4	79.4	-	3.8
6.350	0.250		102.4	103.4			90.3	91.3			85.2	86.2		
7.620	0.300		109.3	110.3			97.5	98.5			93.7	94.7		
10.160	0.400		124.1	125.1			108.9	109.9			104.2	105.2		
12.700	0.500		139.1	140.1			124.4	125.4			120.4	121.4		

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos
6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS

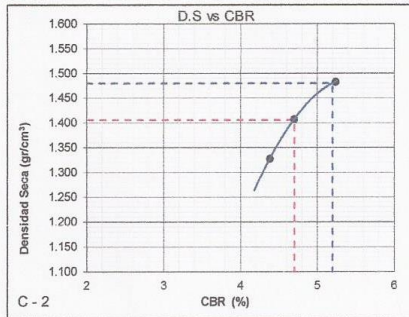


RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
FORMATO					
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR					
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)					
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :	0.01 - 2018	
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ				
Proced :	KM. 4 + 700	Calicata:	C - 02	Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
Ubica :	Coordenada: 61229.05; 7752	Profundidad :	1.50 Mts	Fecha :	30/10/2018
		Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.		

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

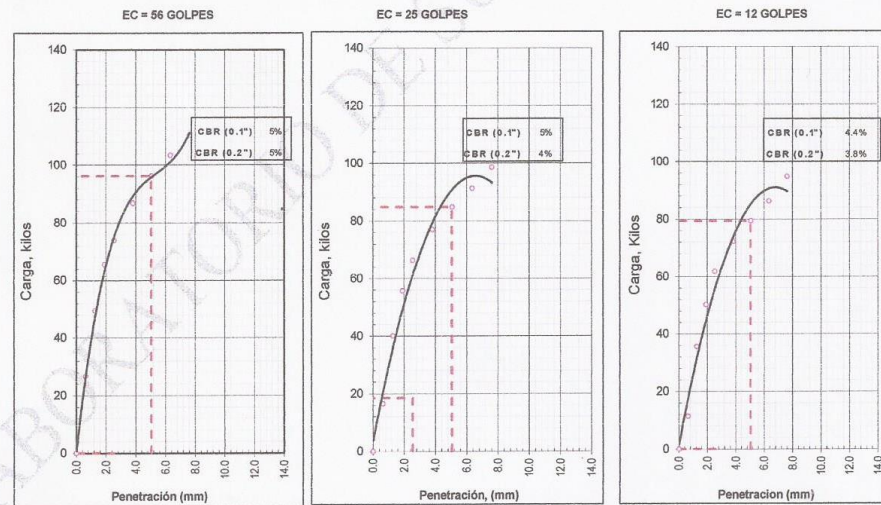


METODO DE COMPACTACION	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.480
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	28.3
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.406

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	=	5.2	%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	=	4.7	%

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
DIRECCION DE CAMINOS
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

FORMATO															
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018										Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018					
Solicitante : BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ															
Proced : KM. 4+900		Calicata : C-03		Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.		Fecha : 26/10/2018		Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.							
Ubica : Coordenada: 61223.57; 775212.49		Profundidad : 1.50 Mts													
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	7			8			9								
Capas N°	5			5			5								
Golpes por capa N°	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9476.0		9509.0		9211.0		9295.0		8997.0		8946.0				
Peso de molde (g)	4991.0		4991.0		4942.0		4942.0		4980.0		4980.0				
Peso del suelo húmedo (g)	4485.0		4518.0		4269.0		4353.0		3917.0		3966.0				
Volumen del molde (cm3)	2122.0		2122.0		2130.0		2130.0		2124.0		2124.0				
Densidad húmeda (g/cm3)	2.114		2.129		2.004		2.044		1.844		1.867				
Tara (N°)	27			76			165								
Peso suelo húmedo + tara (g)	163.1		194.0		163.4		192.4		163.6		194.7				
Peso suelo seco + tara (g)	143.5		174.2		141.8		172.6		140.1		176.2				
Peso de tara (g)	38.9		38.9		38.9		38.9		38.9		38.9				
Peso de agua (g)	19.6		19.8		21.6		19.8		23.5		18.5				
Peso de suelo seco (g)	104.6		135.3		102.9		133.7		101.3		137.3				
Contenido de humedad (%)	18.2		19.4		18.3		20.9		18.5		23.2				
Densidad seca (g/cm3)	1.788		1.783		1.695		1.690		1.556		1.516				
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
26/10/18	12:20	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
27/10/18	12:20	24	48	1.219	1.060	60	1.524	1.325	68	1.727	1.502				
28/10/18	12:20	48	63	1.600	1.391	75	1.905	1.657	72	1.829	1.590				
29/10/18	12:20	72	68	1.727	1.502	80	2.032	1.767	78	1.981	1.723				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-07		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-09	
mm	pulg.	STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000			0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025			38.8	39.8			24.6	25.6			21.8	22.8		
1.270	0.050			48.6	49.6			43.5	44.5			40.5	41.5		
1.905	0.075			55.2	56.2			53.7	54.7			51.4	52.4		
2.540	0.100	70.455		64.1	65.1	-	4.6	61.2	62.2	-	4.4	58.2	59.2	-	4.2
3.810	0.150			77.4	78.4			71.9	72.9			69.8	70.8		
5.080	0.200	105.68		87.0	88.0	-	4.2	82.6	83.6	-	3.9	80.3	81.3	-	3.8
6.350	0.250			98.3	99.3			91.8	92.8			89.5	90.4		
7.620	0.300			107.5	108.5			99.9	100.9			97.7	98.7		
10.160	0.400			125.9	126.9			115.2	116.2			112.5	113.5		
12.700	0.500			144.0	145.0			132.4	133.4			127.9	128.9		

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos
 6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
 DEPORTAZA
 Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
 DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCIÓN DE CAMINOS
 MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121 CHACHAPOYAS - AMAZONAS

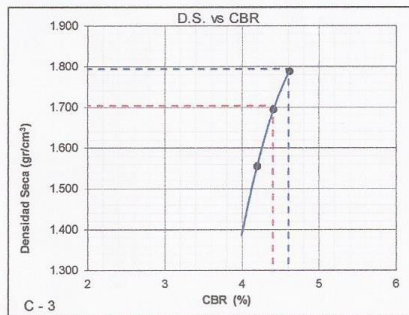


RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
FORMATO					
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR					
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)					
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :	0.01 - 2018	
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ				
Proced :	KM. 4+900	Calicata :	C - 03	Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
Ubica :	Coordenada: 61223.57; 7752	Profundidad :	1.50 Mts	Fecha :	30/10/2018
				Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

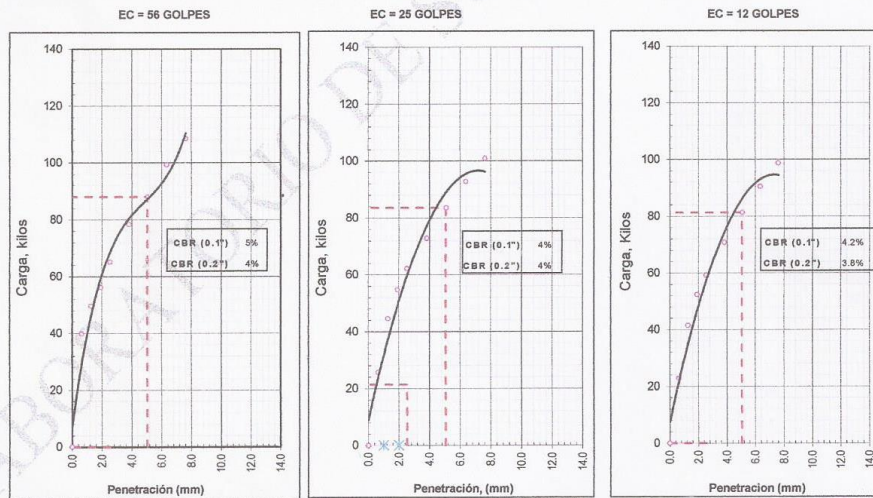
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.794
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.2
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.704

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 4.6 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 4.4 %

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
DIRECCION DE CAMINOS
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



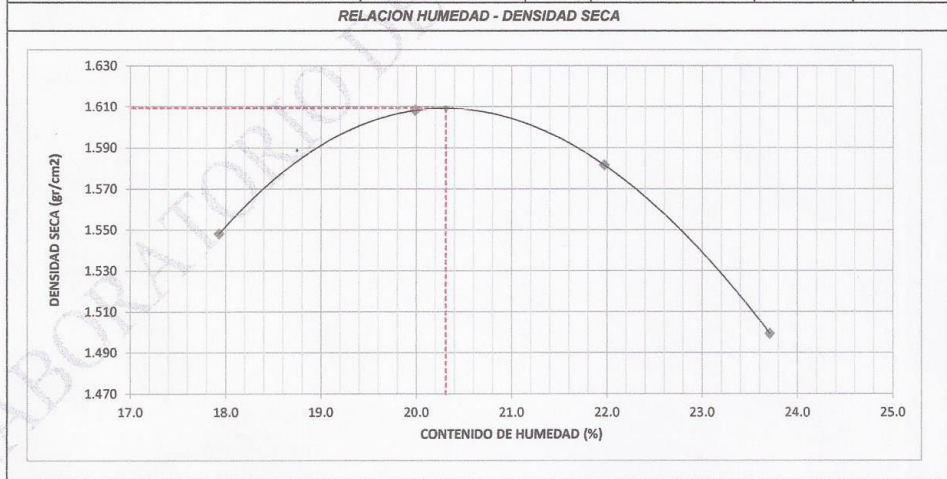
RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		0.01 - 2018
Proced :	KM. 4 + 500	Cellcata :	C - 01
Ubica :	Coordenada: 61234.01; 779220.04	Profundidad :	1.50 Mts
		Muestra :	3% Polimero
		Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
		Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.
		Fecha :	16/11/2018

Molde N° 1	Diametro Molde		Volumen Molde			930	m3.	N° de capas	5
	4"	6"							
Metodo	A	B	C	Peso Molde	4027	gr.	N° de golpes	25Glp	
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde				gr. 5,725	5,822	5,821	5,752		
Peso Suelo Humedo Compactado				gr. 1,698	1,795	1,794	1,725		
Peso Volumetrico Humedo				gr. 1,826	1,930	1,929	1,855		
Recipiente Numero				31	43	99	138		
Peso Suelo Humedo + Tara				gr. 140.8	140.3	141.0	140.6		
Peso Suelo Seco + Tara				gr. 125.3	123.4	122.6	121.1		
Peso de la Tara				gr. 38.9	38.9	38.9	38.9		
Peso del agua				gr. 15.5	16.9	18.4	19.5		
Peso del suelo seco				gr. 86	85	84	82		
Contenido de agua				% 17.9	20.0	22.0	23.7		
Densidad Seca				gr/cc 1,548	1,608	1,582	1,499		

RESULTADOS			
Densidad Máxima Seca	1.609	(gr/cm3)	Humedad óptima
			20.3 %



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
FORMATO
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018
Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018
Solicitante : BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ
Proced : KM. 4 + 500
Calicata : C - 01
Muestra : 3% Polimero
Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica : Coordenada: 61234.01; 775220.04
Profundidad : 1.50 Mts
Fecha : 01/11/2018
Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

CALCULO DEL CBR						
Molde N°	7		8		9	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9096.0	9153.0	8852.0	8897.0	8612.0	8882.0
Peso de molde (g)	4991.0	4991.0	4942.0	4942.0	4980.0	4980.0
Peso del suelo húmedo (g)	4105.0	4162.0	3910.0	3955.0	3632.0	3702.0
Volumen del molde (cm3)	2122.0	2122.0	2123.0	2123.0	2124.0	2124.0
Densidad húmeda (g/cm3)	1.934	1.961	1.842	1.863	1.710	1.743
Tara (N°)	44		98		170	
Peso suelo húmedo + tara (g)	144.7	176.4	144.3	179.2	142.5	178.2
Peso suelo seco + tara (g)	126.8	152.0	126.4	152.9	124.7	150.0
Peso de tara (g)	38.9	38.8	38.8	38.8	38.9	38.8
Peso de agua (g)	17.9	24.4	17.9	26.3	17.8	28.2
Peso de suelo seco (g)	87.9	113.2	87.6	114.1	85.8	111.2
Contenido de humedad (%)	20.3	21.6	20.4	23.1	20.7	25.3
Densidad seca (g/cm3)	1.608	1.613	1.529	1.614	1.417	1.391

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
01/11/18	12:10	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
02/11/18	12:10	24	32	0.813	0.707	38	0.965	0.839	42	1.067	0.928
03/11/18	12:10	48	43	1.092	0.950	59	1.499	1.303	66	1.676	1.458
04/11/18	12:10	72	55	1.397	1.215	65	1.651	1.438	71	1.803	1.568

PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-07		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-09	
		STAND.	CÁRGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION					
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.835	0.025		16.7	17.7			15.5	16.5			12.8	13.8			
1.270	0.050		28.2	29.2			26.4	27.4			21.6	22.6			
1.905	0.075		41.3	42.3			40.5	41.5			36.5	37.5			
2.540	0.100	70.455	59.0	60.0	-	4.3	57.0	58.0	-	4.1	53.0	54.0	-	3.8	
3.810	0.150		65.9	66.9			62.9	63.9			56.9	57.9			
5.080	0.200	105.68	85.0	86.0	-	4.1	83.0	84.0	-	4.0	68.0	69.0	-	3.3	
6.350	0.250		90.0	91.0			89.9	90.9			79.5	80.5			
7.620	0.300		97.5	98.5			96.2	97.2			86.3	87.3			
10.160	0.400		109.0	110.0			100.8	101.8			97.5	98.5			
12.700	0.500		120.5	121.5			118.3	119.3			111.3	112.3			

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos
6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

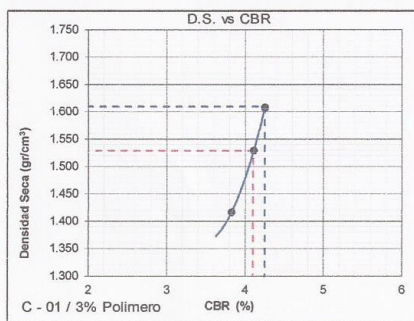


RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Proyecto:	TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Código Ensayo N°: 0.01 - 2018
Solicitante:	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		
Proced:	KM. 4 + 500	Calicata: C - 01	Muestra: 3% POLIMERO
Ubica:	Coordenada: 61234.01; 77522	Profundidad: 1.50 Mts	Fecha: 05/11/2018
		Ing. Responsable: RAUL A. OLANO G.	Tec. Responsable: M. TAPAYURI CH.

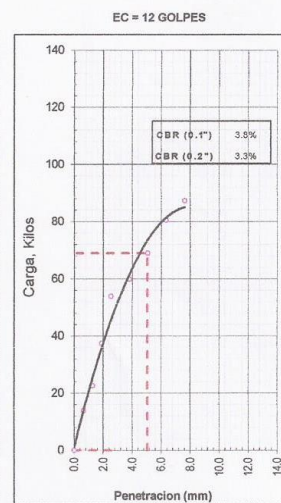
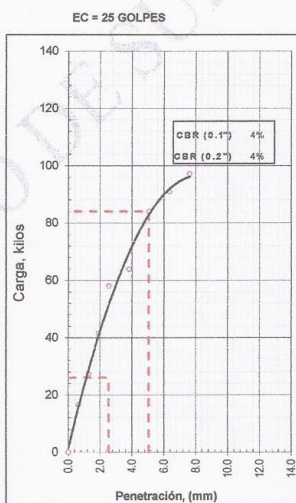
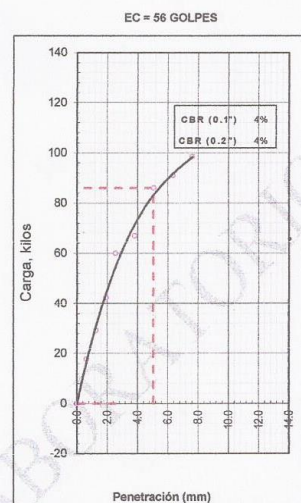
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.609
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20.3
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.529

RESULTADOS:		
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	=	4.3 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	=	4.1 %

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionalada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



RUC: 20392327747

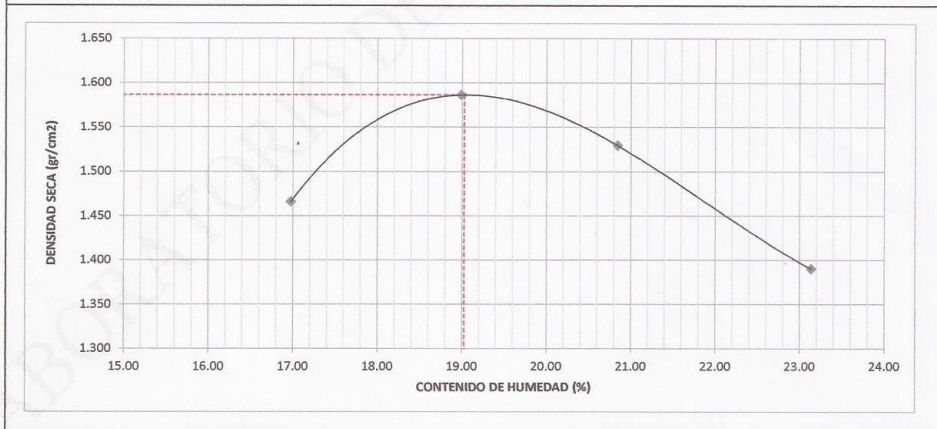
REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		
Proced :	KM. 4+500	Calicata :	C - 01
Ubica :	Coordenada: 61234.01; 775220.04	Profundidad :	1.50 Mts
		Aditivo :	8% Polimero
		Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
		Fecha :	04/01/2017
		Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

Molde N° 1	Diametro Molde Metodo	4" 6"			Volumen Molde	930	m3.	N° de capas	5
		A	B	C					
					4027	gr.	N° de golpes	25Glp	
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde			gr.		5,622	5,783	5,746	5,619	
Peso Suelo Humedo Compactado			gr.		1,595	1,756	1,719	1,582	
Peso Volumetrico Humedo			gr.		1,715	1,888	1,848	1,712	
Recipiente Numero					36	37	138	157	
Peso Suelo Humedo + Tara			gr.		143.6	143.5	143.8	143.7	
Peso Suelo Seco + Tara			gr.		128.4	126.8	125.7	124.0	
Peso de la Tara			gr.		38.9	38.9	38.9	38.9	
Peso del agua			gr.		15.2	16.7	18.1	19.7	
Peso del suelo seco			gr.		90	88	87	85	
Contenido de agua			%		17.0	19.0	20.8	23.1	
Densidad Seca			gr/cc		1.466	1.586	1.530	1.390	

RESULTADOS				
Densidad Máxima Seca	1.587	(gr/cm3)	Humedad óptima	19.0 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporciónada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
DIRECCIÓN DE CAMINOS
AMAZONAS
ING. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (s)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

FORMATO
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

Proyecto : =Gran.IB8
Solicitante : BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ
Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018
Proced : KM. 4+500
Calicata : C - 01
Aditivo : 6% Polímero
Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica : Coordenada: 61234.01; 775220.04
Profundidad : 1.50 Mts
Fecha : 01/11/2018
Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

CALCULO DEL CBR						
Molde N°	10		11		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8935.0	8987.0	8733.0	8783.0	8885.0	8701.0
Peso de molde (g)	4910.0	4910.0	4910.0	4910.0	5060.0	5060.0
Peso del suelo húmedo (g)	4025.0	4077.0	3823.0	3873.0	3805.0	3641.0
Volumen del molde (cm3)	2128.0	2128.0	2123.0	2123.0	2127.0	2127.0
Densidad húmeda (g/cm3)	1.891	1.916	1.801	1.824	1.695	1.712
Tara (N°)	123		193		198	
Peso suelo húmedo + tara (g)	162.5	174.2	162.9	174.4	161.8	173.6
Peso suelo seco + tara (g)	142.7	151.4	143.0	150.2	141.8	147.5
Peso de tara (g)	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9
Peso de agua (g)	19.8	22.8	19.9	24.2	20.0	26.1
Peso de suelo seco (g)	103.8	112.5	104.1	111.3	102.9	108.6
Contenido de humedad (%)	19.1	20.3	19.1	21.8	19.4	24.1
Densidad seca (g/cm3)	1.589	1.593	1.512	1.498	1.419	1.380

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
01/11/18	12:10	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
02/11/18	12:10	24	30	0.762	0.663	36	0.914	0.795	51	1.295	1.126
03/11/18	12:10	48	42	1.067	0.928	48	1.219	1.060	68	1.727	1.502
04/11/18	12:10	72	57	1.448	1.259	66	1.676	1.458	70	1.778	1.548

PENETRACION													
PENETRACION		CARGA	MOLDE N°	M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0		0	0			0	0		
0.635	0.025		16.5	17.5		8.9	9.9			6.7	7.7		
1.270	0.050		28.9	29.9		12.1	13.1			10.8	11.8		
1.905	0.075		39.9	40.9		24.7	25.7			21.4	22.4		
2.540	0.100	70.455	48.3	49.3	-	3.5	38.0	39.0	-	2.8	29.6	30.6	-
3.810	0.150		62.1	63.1			55.6	56.6		46.7	47.7		
5.080	0.200	106.68	72.9	73.9	-	3.5	68.2	69.2	-	3.3	58.2	59.2	-
6.350	0.250		87.5	88.5			83.3	84.3		74.2	75.2		
7.620	0.300		97.7	98.7			92.7	93.7		86.4	87.4		
10.160	0.400		116.1	117.1			109.4	110.4		96.7	97.7		
12.700	0.500		136.7	137.7			125.2	126.2		104.2	105.2		

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos
6. Observaciones: Muestra identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS

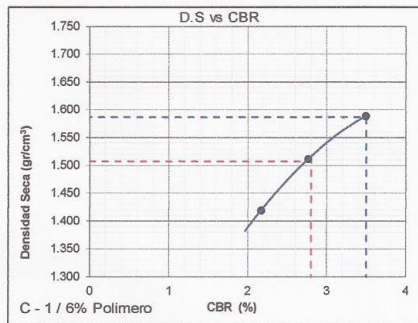


RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		
Proced. :	KM. 4+500	Calicata :	C - 01
Ubica. :	Coordenada: 61234.01; 77522	Profundidad :	1.50 Mts
		Aditivo :	6% Polimero
		Fecha :	04/01/2017
		Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
		Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

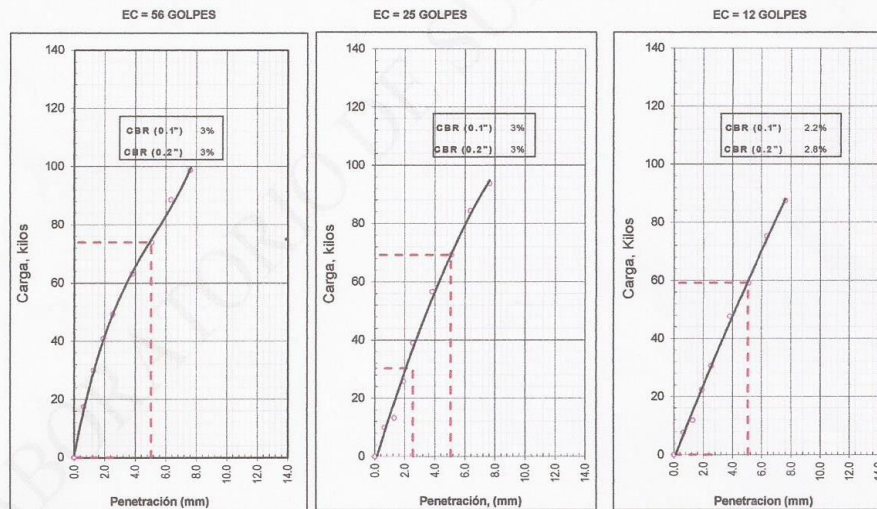
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.587
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 19.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.507

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 3.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 2.8 %

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIQUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



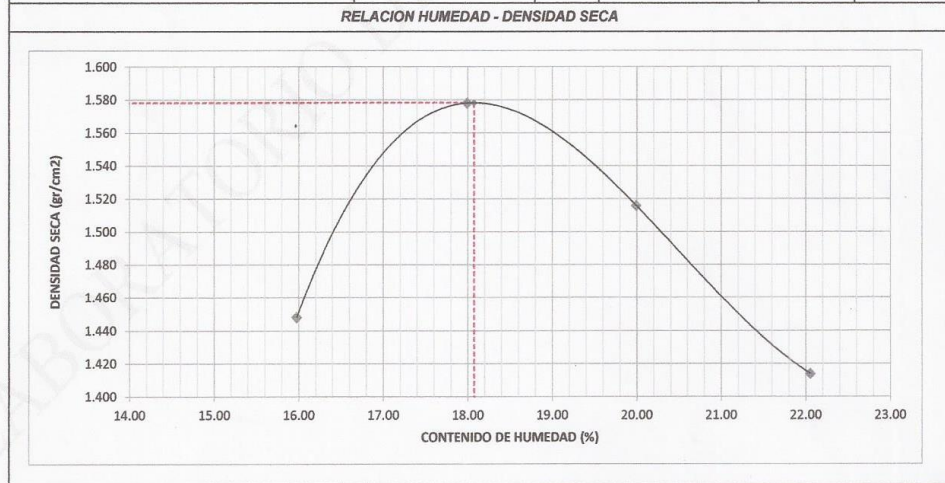
RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		
Proced :	KM. 4 +500	Calicata :	C - 01
Ubica :	Coordenada: 61234.01; 775220.04	Profundidad :	1.50 Mts
		Aditivo :	8% Polimero
		Fecha :	20/10/2018
		Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
		Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

Molde N° 1	Diametro Molde			Volumen Molde	930	m3.	N° de capas	5
	4"	6"						
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	4027	gr.	N° de golpes
								25Glp
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4
Peso Suelo + Molde				gr.	5,589	5,759	5,719	5,632
Peso Suelo Humedo Compactado				gr.	1,562	1,732	1,692	1,605
Peso Volumetrico Humedo				gr.	1,680	1,862	1,819	1,726
Recipiente Numero					3	58	165	138
Peso Suelo Humedo + Tara				gr.	140.5	140.5	140.9	140.7
Peso Suelo Seco + Tara				gr.	126.5	125.0	123.9	122.3
Peso de la Tara				gr.	38.9	38.9	38.9	38.9
Peso del agua				gr.	14.0	15.5	17.0	18.4
Peso del suelo seco				gr.	88	86	85	83
Contenido de agua				%	16.0	18.0	20.0	22.1
Densidad Seca				gr/cc	1.448	1.578	1.516	1.414

RESULTADOS				
Densidad Máxima Seca	1.578	(gr/cm3)	Humedad óptima	18.1
			%	



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AUTOPARTICIPA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

FORMATO														
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)														
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018						Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018								
Solicitante : BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ														
Proced : KM. 4 +500		Calicata : C - 01		Aditivo : 9% Polimero		Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.								
Ubica : Coordenada: 61234.01; 775220.04		Profundidad : 1.50 Mts		Fecha : 09/11/2018		Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.								
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	1			2			3							
Capas N°	5			5			5							
Golpes por capa N°	56			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8983.0	9014.0		8838.0	8679.0		8548.0	8591.0						
Peso de molde (g)	5032.0	5032.0		5074.0	5074.0		4911.0	4911.0						
Peso del suelo húmedo (g)	3951.0	3982.0		3764.0	3805.0		3637.0	3680.0						
Volumen del molde (cm3)	2130.0	2130.0		2124.0	2124.0		2130.0	2130.0						
Densidad húmeda (g/cm3)	1.855	1.869		1.772	1.791		1.708	1.728						
Tara (N°)	100			102			116							
Peso suelo húmedo + tara (g)	152.9	162.7		153.6	163.4		153.7	163.9						
Peso suelo seco + tara (g)	135.4	142.6		135.9	141.9		135.8	140.4						
Peso de tara (g)	38.9	38.9		38.9	38.9		38.9	38.9						
Peso de agua (g)	17.5	20.1		17.7	21.5		17.9	23.5						
Peso de suelo seco (g)	96.5	103.7		97.0	103.0		96.9	101.5						
Contenido de humedad (%)	18.1	19.3		18.2	20.8		18.5	23.1						
Densidad seca (g/cm3)	1.571	1.566		1.499	1.483		1.442	1.403						
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
09/11/18	11:15	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
10/11/18	11:15	24	68	1.727	1.502	75	1.905	1.657	81	2.057	1.789			
11/11/18	11:15	48	108	2.743	2.385	110	2.794	2.430	114	2.896	2.518			
12/11/18	11:15	72	114	2.896	2.518	119	3.023	2.628	122	3.099	2.895			
PENETRACION														
PENETRACION	CARGA		MÓLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
	STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		6.8	7.8			5.7	6.7			4.1	5.1		
1.270	0.050		14.2	15.2			11.5	12.5			10.4	11.4		
1.905	0.075		23.2	24.2			17.9	18.9			15.6	16.6		
2.540	0.100	70.455	32.4	33.4	-	2.4	24.3	25.3	-	1.8	21.9	22.9	-	1.6
3.810	0.150		50.1	51.1			37.0	38.0			35.4	36.4		
5.080	0.200	105.68	65.1	66.1	-	3.1	47.3	48.3	-	2.3	41.6	42.6	-	2.0
6.350	0.250		75.5	76.5			55.4	56.4			52.4	53.4		
7.620	0.300		85.0	86.0			65.6	66.6			61.7	62.7		
10.160	0.400		104.7	105.7			81.0	82.0			79.5	80.5		
12.700	0.500		121.7	122.7			92.9	93.9			89.5	90.5		

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos
6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS

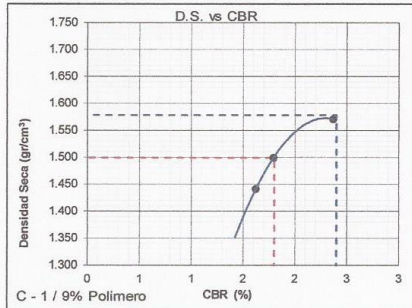


RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018	
Solicitante : BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ			
Proced : KM. 4 +500	Calicata : C - 01	Aditivo : 9% Polimero	Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica : Coordenada: 61234.01; 77524	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 13/11/2018	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

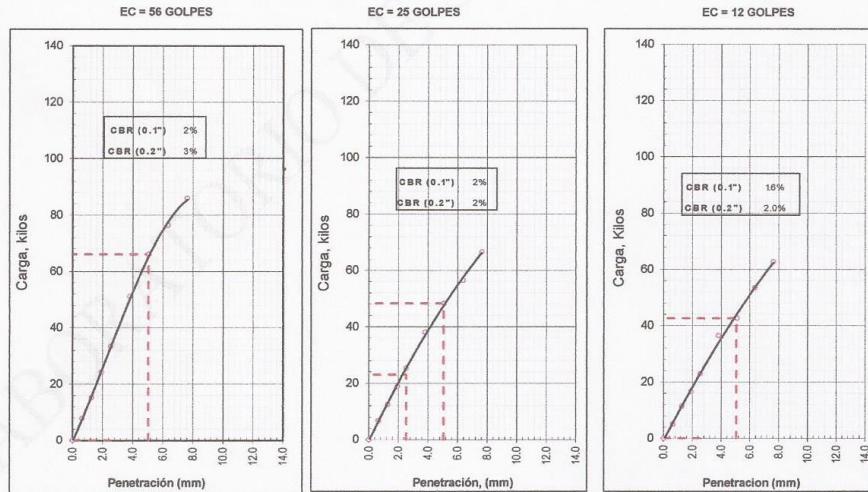
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.578
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 18.1
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.499

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 2.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 1.8 %

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
DIRECCIÓN DE CAMINOS
M. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



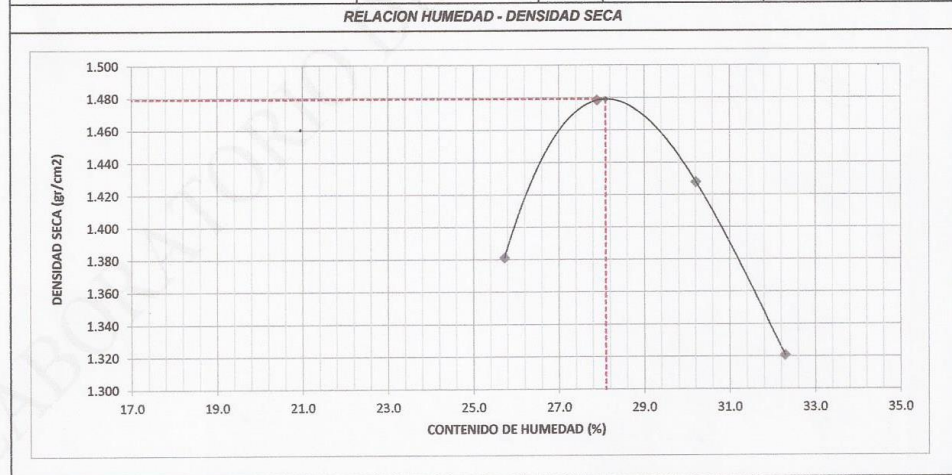
RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		
Proced :	KM. 4+700	Calicata : C - 02	Aditivo : 3% Polimero
Ubica :	Coordenada: 61229.05; 775215.83	Profundidad : 1.50 Mts	Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
			Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

Moide N° 1	Diametro Molde			Volumen Molde	930	m3.	N° de capas	5
	4"	6"						
	A	B	C	Peso Molde	4027	gr.	N° de golpes	25Glp
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde			gr.	5.642	5.786	5.756	5.652	
Peso Suelo Humedo Compactado			gr.	1.615	1.759	1.729	1.625	
Peso Volumetrico Humedo			gr.	1.737	1.891	1.859	1.747	
Recipiente Numero				5	36	43	78	
Peso Suelo Humedo + Tara			gr.	133.2	133.3	133.7	133.5	
Peso Suelo Seco + Tara			gr.	113.9	112.7	111.7	110.4	
Peso de la Tara			gr.	38.9	38.9	38.9	38.9	
Peso del agua			gr.	19.3	20.6	22.0	23.1	
Peso del suelo seco			gr.	75	74	73	72	
Contenido de agua			%	25.7	27.9	30.2	32.3	
Densidad Seca			gr/cc	1.381	1.478	1.428	1.321	

RESULTADOS				
Densidad Máxima Seca	1.479	(gr/cm3)	Humedad óptima	28.1 %



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

FORMATO
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018 Código Ensayo N° : 0.01 - 2018

Solicitante : BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ

Proced : KM. 4+700 Calicata : C - 02 Aditivo : 3% Polimero Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica : Coordenada: 61229.05; 775215.83 Profundidad : 1.50 Mts Fecha : 09/11/2018 Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

CALCULO DEL CBR

Molde N°	7	8	9			
Capas N°	5	5	5			
Golpes por capa N°	56	25	12			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9010.0	9058.0	8789.0	8817.0	8578.0	8613.0
Peso de molde (g)	4991.0	4991.0	4942.0	4942.0	4980.0	4980.0
Peso del suelo húmedo (g)	4019.0	4067.0	3847.0	3875.0	3598.0	3633.0
Volumen del molde (cm ³)	2122.0	2122.0	2130.0	2130.0	2124.0	2124.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.894	1.917	1.806	1.819	1.694	1.710
Tara (N°)	129		42		139	
Peso suelo húmedo + tara (g)	148.7	188.3	148.2	176.2	148.9	180.3
Peso suelo seco + tara (g)	125.1	154.4	124.0	143.8	125.1	145.1
Peso de tara (g)	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8
Peso de agua (g)	23.6	33.9	24.2	32.4	23.8	35.2
Peso de suelo seco (g)	86.3	115.6	85.2	105.0	86.3	106.3
Contenido de humedad (%)	28.1	29.4	28.2	30.9	28.5	33.1
Densidad seca (g/cm ³)	1.478	1.481	1.409	1.390	1.319	1.285

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
09/11/18	12:10	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
10/11/18	12:10	24	28	0.711	0.618	47	1.194	1.038	57	1.448	1.259
11/11/18	12:10	48	41	1.041	0.906	62	1.575	1.369	63	1.600	1.391
12/11/18	12:10	72	50	1.270	1.104	74	1.880	1.634	79	2.007	1.745

PENETRACION

PENETRACION	CARGA		MOLDE N°		M-07		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-09	
	STAND.	CARGA	CORRECCION	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION
mm	pulg.	kg/cm ²	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		19.7	20.7			16.7	17.7			10.8	11.8		
1.270	0.050		39.7	40.7			27.2	28.2			19.5	20.5		
1.905	0.075		67.6	68.6			39.1	40.1			31.6	32.6		
2.540	0.100	70.455	75.0	76.0	-	5.4	69.0	70.0	-	5.0	59.7	60.7	-	4.3
3.810	0.150		80.3	81.3			76.4	77.4			63.5	64.5		
5.080	0.200	105.66	95.1	96.1	-	4.5	91.0	92.0	-	4.3	78.0	79.0	-	3.7
6.350	0.250		100.8	101.8			99.2	100.2			86.2	87.2		
7.620	0.300		109.8	110.8			108.4	109.4			94.7	95.7		
10.160	0.400		126.1	127.1			114.3	115.3			101.1	102.1		
12.700	0.500		141.2	142.2			121.3	122.3			105.6	106.6		

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos
6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
DIRECCIÓN DE CARRETERAS Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

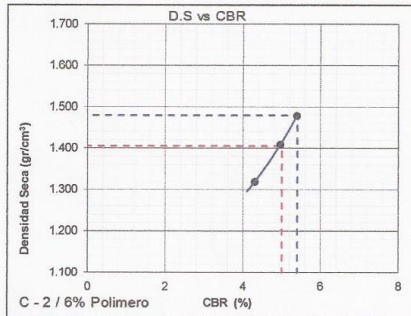


RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		
Proced :	KM. 4-700	Calicata :	C - 02
Ubica :	Coordenada: 61229.05; 7752	Profundidad :	1.50 Mts
		Aditivo :	3% Polimero
		Fecha :	13/11/2018
		Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
		Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

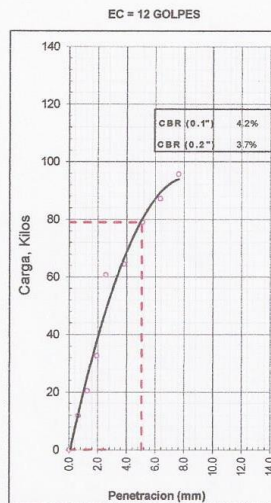
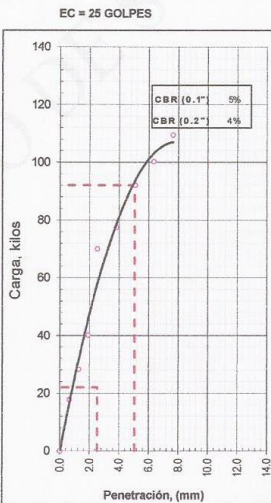
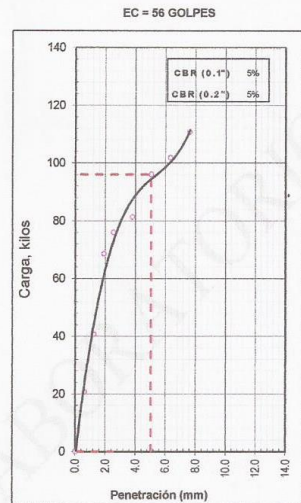
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	: 1.479
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 28.1
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	: 1.405

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 5.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 5.0 %

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00011990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		0.01 - 2018
Proced :	KM. 4+700	Calicata: C - 02	Aditivo : 6% Polimero
Ubica:	Coordenada: 61229.05; 775215.83	Profundidad : 1.50 Mts	Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
		Fecha : 20/10/2018	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

Molde N° 1	Diametro Molde		Volumen Molde			N° de capas	N° de golpes
	4"	6"	930	m3.	5		
Metodo	A	B	C	Peso Molde	4027	gr.	25Glp
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3	4
Peso Suelo + Molde			gr.	5,575	5,748	5,710	5,649
Peso Suelo Humedo Compactado			gr.	1,548	1,721	1,683	1,622
Peso Volumetrico Humedo			gr.	1,664	1,851	1,809	1,744
Recipiente Numero				5	144	165	78
Peso Suelo Humedo + Tara			gr.	135.5	135.1	135.9	135.5
Peso Suelo Seco + Tara			gr.	116.8	115.2	114.6	113.1
Peso de la Tara			gr.	38.9	38.9	38.9	38.9
Peso del agua			gr.	18.7	19.9	21.3	22.4
Peso del suelo seco			gr.	78	76	76	74
Contenido de agua			%	24.0	26.1	28.1	30.2
Densidad Seca			gr/cc	1.342	1.468	1.412	1.339

RESULTADOS			
Densidad Máxima Seca	1.468	(gr/cm3)	Humedad óptima
			26.2 %



6. Observaciones: Muestra identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA - TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

Proced :

FORMATO
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018 **Codigo Ensayo N° :** 0.01 - 2018

Solicitante : BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ

Proced : KM. 4+700 **Calicata :** C - 02 **Aditivo :** 6% Polimero **Ing. Responsable :** RAUL A. OLANO G.
Ubica : Coordenada: 61229.05; 775215.83 **Profundidad :** 1.50 Mts **Fecha :** 09/11/2018 **Tec. Responsable :** M. TAPAYURI CH.

CALCULO DEL CBR

	7		8		9	
	5	5	5	5	5	5
Molde N°	56		25		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8925.0	8987.0	8701.0	8769.0	8509.0	8578.0
Peso de molde (g)	4991.0	4991.0	4942.0	4942.0	4980.0	4980.0
Peso del suelo húmedo (g)	3934.0	3996.0	3759.0	3827.0	3529.0	3598.0
Volumen del molde (cm3)	2122.0	2122.0	2130.0	2130.0	2124.0	2124.0
Densidad húmeda (g/cm3)	1.854	1.883	1.765	1.797	1.661	1.694
Tara (N°)	75		73		117	
Peso suelo húmedo + tara (g)	146.6	158.2	146.2	158.0	146.8	157.9
Peso suelo seco + tara (g)	124.2	132.5	123.9	131.3	124.2	129.6
Peso de tara (g)	38.9	38.8	38.9	38.9	38.9	38.8
Peso de agua (g)	22.4	25.7	22.3	26.7	22.6	28.3
Peso de suelo seco (g)	85.3	93.7	85.0	92.5	85.3	90.8
Contenido de humedad (%)	26.2	27.5	26.3	28.9	26.6	31.2
Densidad seca (g/cm3)	1.469	1.478	1.397	1.393	1.313	1.291

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
09/11/18	12:10	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
10/11/18	12:10	24	73	1.854	1.612	96	2.438	2.120	99	2.515	2.187
11/11/18	12:10	48	93	2.362	2.054	116	2.946	2.562	128	3.251	2.827
12/11/18	12:10	72	122	3.099	2.695	131	3.327	2.893	145	3.683	3.203

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-07		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-09	
mm	pulg.	STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	CORRECCION		Dial (div)	kg	CORRECCION		Dial (div)	kg	CORRECCION	
						kg	%			kg	%			kg	%
0.000	0.000			0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025			28.6	29.6			16.5	17.5			14.9	15.9		
1.270	0.050			37.7	38.7			27.9	28.9			25.4	26.4		
1.905	0.075			43.4	44.4			38.8	39.8			31.6	32.6		
2.540	0.100	70.455		49.0	50.0	-	3.5	43.9	44.9	-	3.2	40.2	41.2	-	2.9
3.810	0.150			62.4	63.4			59.6	60.6			49.6	50.6		
5.080	0.200	105.68		70.9	71.9	-	3.4	63.7	64.7	-	3.1	58.7	59.7	-	2.8
6.350	0.250			78.9	79.9			71.5	72.5			67.8	68.8		
7.620	0.300			85.9	86.9			78.6	79.6			75.8	76.8		
10.160	0.400			96.2	97.2			91.8	92.8			89.1	90.1		
12.700	0.500			112.1	113.1			106.1	107.1			99.7	100.7		

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos

6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS

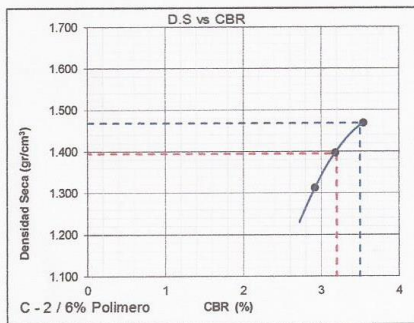


RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018	
Solicitante : BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ			
Proced : KM. 4+700	Calicata : C - 02	Aditivo : 6% Polimero	Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica : Coordenada: 61229,05; 77524	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 13/11/2018	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

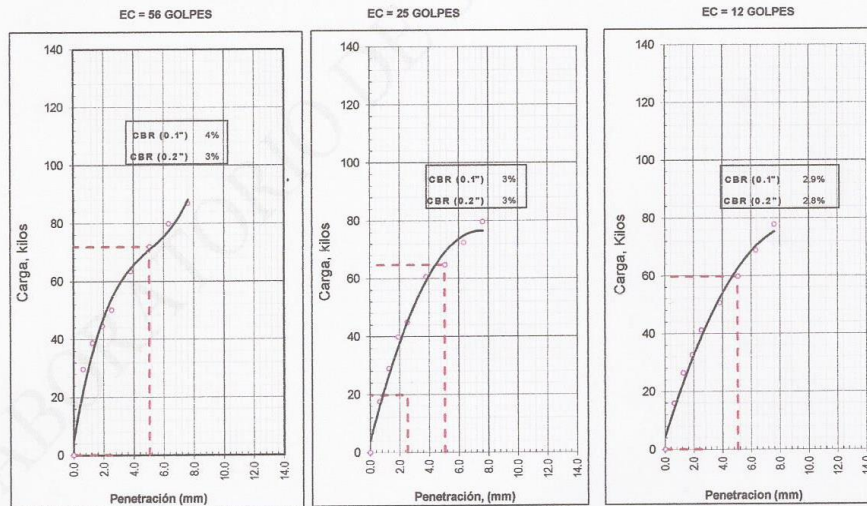
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.468
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 26.2
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.395

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 3.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 3.2 %

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporciónada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA APROPIADA
DIRECCIÓN DE CAMINOS
AMAZONAS
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Proyecto :		TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018	
Solicitante :		BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ	
Código Ensayo N° :		0.01 - 2018	
Proced :	KM. 4+700	Calicata :	C - 02
Ubica :	Coordenada: 61229.05; 775215.83	Profundidad :	1.50 Mts
Aditivo :		9% Polimero	
Fecha :		20/10/2018	
Ing. Responsable :		RAUL A. OLANO G.	
Tec. Responsable :		M. TAPAYURI CH.	

Molde N° 1	Diametro Molde			Volumen Molde	930	m3.	N° de capas	5
	4"	6"						
Metodo	A	B	C	Peso Molde	4027	gr.	N° de golpes	25Glp
NUMERO DE ENSAYOS				1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde			gr.	5,623	5,714	5,707	5,698	
Peso Suelo Humedo Compactado			gr.	1,596	1,687	1,680	1,671	
Peso Volumetrico Humedo			gr.	1,716	1,814	1,806	1,797	
Recipiente Numero				18	27	58	163	
Peso Suelo Humedo + Tara			gr.	131.7	131.9	132.2	132.4	
Peso Suelo Seco + Tara			gr.	114.3	113.3	112.3	111.4	
Peso de la Tara			gr.	38.9	38.9	38.9	38.9	
Peso del agua			gr.	17.4	18.6	19.9	21.0	
Peso del suelo seco			gr.	75	74	73	73	
Contenido de agua			%	23.0	25.0	27.1	28.9	
Densidad Seca			gr/cc	1.395	1.451	1.421	1.393	

RESULTADOS			
Densidad Máxima Seca	1.451	(gr/cm3)	Humedad óptima
			25.0
			%



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2019		Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018	
Solicitante : BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ			
Proced : KM. 4+700	Calicata : C - 02	Aditivo : 9% Polimero	Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica : Coordenada: 61229.05; 775215.83	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 09/11/2019	Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

CALCULO DEL CBR						
Molde N°	10		11		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8768.0	8796.0	8621.0	8682.0	8549.0	8591.0
Peso de molde (g)	4916.0	4916.0	4910.0	4910.0	5060.0	5060.0
Peso del suelo húmedo (g)	3852.0	3880.0	3711.0	3772.0	3489.0	3531.0
Volumen del molde (cm3)	2118.0	2118.0	2123.0	2123.0	2127.0	2127.0
Densidad húmeda (g/cm3)	1.819	1.832	1.748	1.777	1.640	1.660
Tara (N°)			108			
Peso suelo húmedo + tara (g)	158.2	176.2	158.3	176.5	157.9	176.0
Peso suelo seco + tara (g)	134.3	147.6	134.3	146.6	133.8	144.3
Peso de tara (g)	38.9	38.8	38.9	38.8	38.9	38.8
Peso de agua (g)	23.9	28.6	24.0	29.9	24.1	31.7
Peso de suelo seco (g)	95.4	108.8	95.4	107.8	94.9	105.5
Contenido de humedad (%)	25.1	26.3	25.1	27.8	25.4	30.1
Densidad seca (g/cm3)	1.454	1.450	1.397	1.390	1.308	1.276

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
09/11/18	11:15	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
10/11/18	11:15	24	78	1.981	1.723	87	2.210	1.922	91	2.311	2.010
11/11/18	11:15	48	109	2.769	2.407	119	3.023	2.628	124	3.150	2.739
12/11/18	11:15	72	129	3.277	2.849	134	3.404	2.960	139	3.531	3.070

PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-10		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION					
mm	pu/g.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0				0	0		
0.635	0.025		3.3	4.3			2.9	3.9				2.5	3.5		
1.270	0.050		9.9	10.9			6.3	7.3				5.8	6.8		
1.905	0.075		15.9	16.9			11.5	12.5				9.6	10.6		
2.540	0.100	70.455	27.0	28.0	-	2.0	25.0	28.0	-	1.8	22.0	23.0	-	1.6	
3.810	0.150		36.2	37.2			32.3	33.3				29.5	30.5		
5.080	0.200	105.68	49.5	50.5	-	2.4	44.4	45.4	-	2.1	39.5	40.5	-	1.9	
6.350	0.250		69.2	70.2			54.8	55.8				49.7	50.7		
7.620	0.300		72.5	73.5			62.5	63.5				61.4	62.4		
10.160	0.400		82.1	83.1			76.1	77.1				73.5	74.5		
12.700	0.500		94.6	95.6			88.2	89.2				82.4	83.4		

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos
6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS

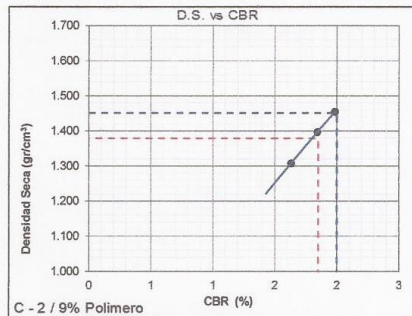


RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
FORMATO							
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR							
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)							
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :	0.01 - 2018			
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ						
Proced :	KM. 4+700	Calicata :	C - 02	Aditivo :	9% Polimero	Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
Ubica :	Coordenada: 61229.05; 77524	Profundidad :	1.50 Mts	Fecha :	13/11/2018	Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

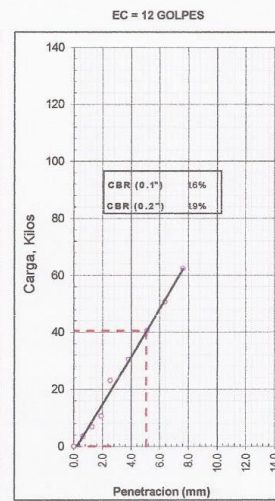
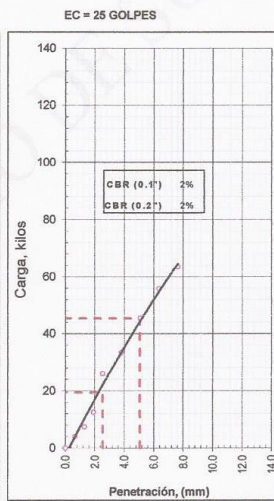
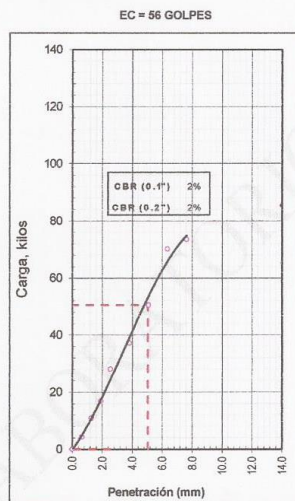
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.451
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	1.379

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 2.0 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 1.9 %

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionalada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
DIRECCIÓN DE CAMINOS
AMAZONAS
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



RUC: 20302327747

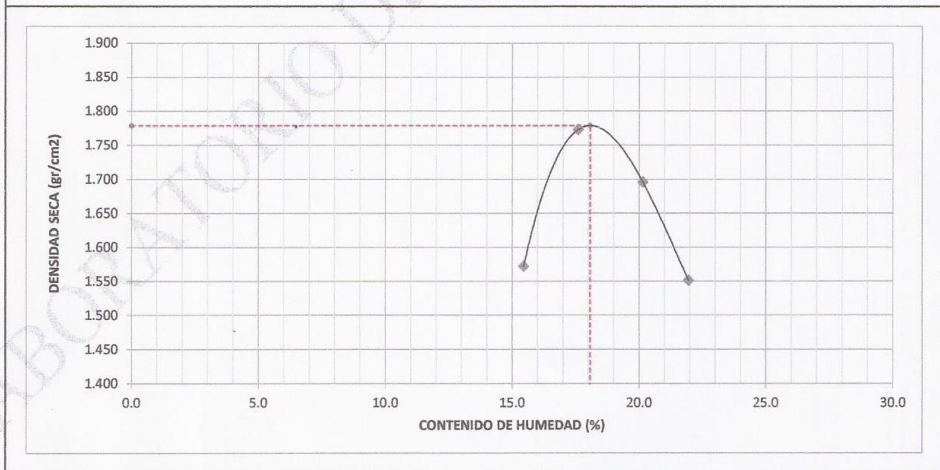
REGISTRO DE LICENCIA N° 0001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		
Proced :	KM. 4+900	Calicata: C-03	Aditivo : 3% Polimero
Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.		
Ubica :	Coordenada: 61223.57; 775212.49	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 16/10/2018
Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.		

Molde N° 1	Diametro Molde Metodo	6"			Volumen Molde	930	m3.	N° de capas	5
		A	B	C					
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde		gr.	5,715	5,966	5,922	5,786			
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	1,688	1,939	1,895	1,759			
Peso Volumetrico Humedo		gr.	1.815	2.085	2.038	1.892			
Recipiente Numero			31	36	43	99			
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	166.3	167.2	166.5	167.1			
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	149.2	148.0	145.1	144.0			
Peso de la Tara		gr.	38.9	38.9	38.9	38.9			
Peso del agua		gr.	17.1	19.2	21.4	23.1			
Peso del suelo seco		gr.	110	109	106	105			
Contenido de agua		%	15.5	17.6	20.1	21.9			
Densidad Seca		gr/cc	1.572	1.773	1.696	1.551			

RESULTADOS			
Densidad Máxima Seca	1.779	(gr/cm3)	Humedad óptima
			18.1 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

FORMATO
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018
Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018

Solicitante : BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ

Proced : KM. 4+900 Calicote : C - 03 Aditivo : 3% Polimero Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica : Coordenada: 61223.57, 775212.49 Profundidad : 1.50 Mts Fecha : 26/10/2018 Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

CALCULO DEL CBR						
Molde N°	9		12		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9419.0	9477.0	9315.0	9375.0	8765.0	8799.0
Peso de molde (g)	4980.0	4980.0	5060.0	5060.0	4911.0	4911.0
Peso del suelo húmedo (g)	4439.0	4497.0	4255.0	4315.0	3854.0	3888.0
Volumen del molde (cm3)	2124.0	2124.0	2127.0	2127.0	2130.0	2130.0
Densidad húmeda (g/cm3)	2.090	2.117	2.000	2.029	1.809	1.825
Tara (N°)			3			
Peso suelo húmedo + tara (g)	151.4	192.2	151.2	199.2	151.5	190.2
Peso suelo seco + tara (g)	134.6	163.0	132.3	162.1	131.1	159.8
Peso de tara (g)	38.8	38.8	38.9	38.8	38.8	38.8
Peso de agua (g)	16.6	29.2	18.9	31.1	20.3	30.4
Peso de suelo seco (g)	96.0	124.2	93.4	123.3	92.3	121.0
Contenido de humedad (%)	18.1	19.3	18.2	20.8	18.4	23.1
Densidad seca (g/cm3)	1.770	1.774	1.693	1.679	1.528	1.483

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
26/10/18	12:10	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
27/10/18	12:10	24	46	1.168	1.016	48	1.219	1.060	51	1.295	1.126
28/10/18	12:10	48	55	1.397	1.215	55	1.397	1.215	58	1.473	1.281
29/10/18	12:10	72	58	1.473	1.281	59	1.499	1.303	64	1.626	1.414

PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-09		MOLDE N°		M-12		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
mm	pulg.	kg/cm2													
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		19.8	29.8			18.9	19.9			16.9	17.9			
1.270	0.050		39.7	49.7			32.7	33.7			25.6	26.6			
1.905	0.075		54.9	55.9			48.9	49.9			39.5	40.5			
2.540	0.100	70.455	74.0	75.0	-	5.3	69.0	70.0	-	5.0	62.0	63.0	-	4.5	
3.810	0.150		81.0	82.0			75.3	76.3			68.6	69.6			
5.080	0.200	105.68	89.7	90.7	-	4.3	86.0	87.0	-	4.1	78.0	79.0	-	3.7	
6.350	0.250		96.3	97.3			92.1	93.1			89.1	90.1			
7.620	0.300		110.9	111.9			102.3	103.3			95.2	96.2			
10.160	0.400		114.2	115.2			111.8	112.8			100.9	101.9			
12.700	0.500		127.6	128.6			120.7	121.7			113.7	114.7			

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos
6. Observaciones: Muestra identificada y Proportcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
DIRECCION DE CAMINOS
-AMAZONAS
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

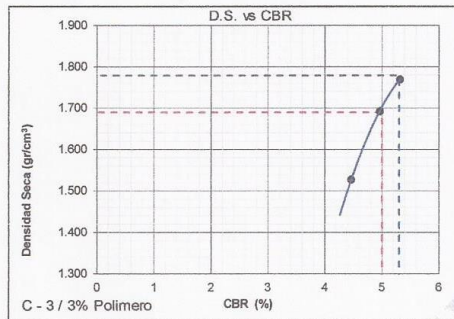
DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018	Codigo Ensayo N° :	0.01 - 2018
Solicitante :	BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ		
Proced :	KM. 4+900	Calicata :	C - 03
Ubica :	Coordenada: 61223.57; 775212.49	Aditivo :	3% Polimero
		Profundidad :	1.50 Mts
		Fecha :	30/10/2018
		Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
		Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

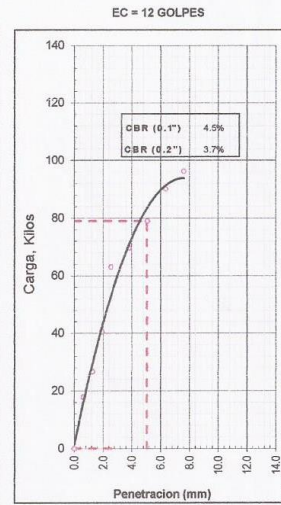
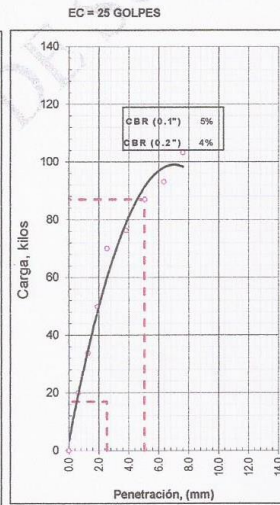
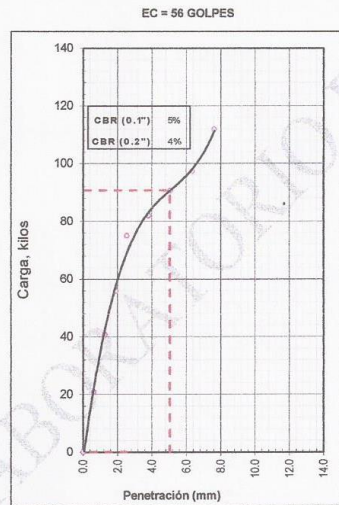
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	:	1.779
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	18.1
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	:	1.690

RESULTADOS:		
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	=	5.3 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	=	5.0 %

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
DIRECCION DE CAMINOS - AMAZONAS
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



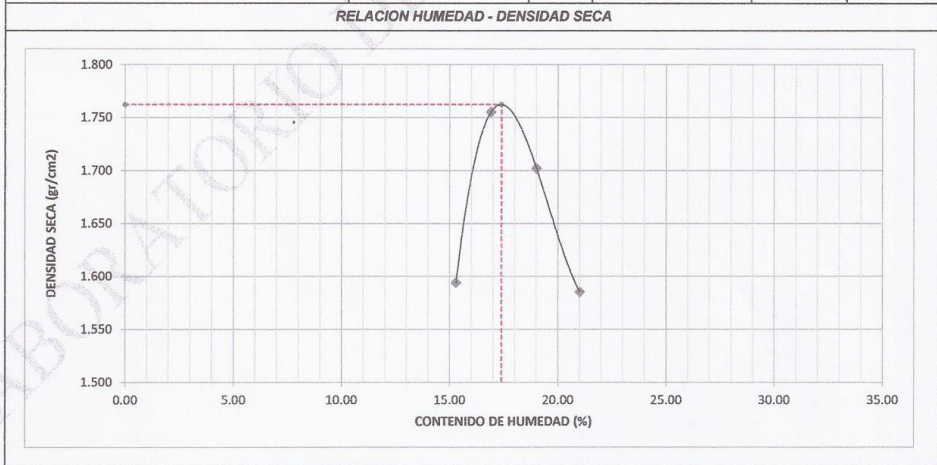
RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
FORMATO			
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ		0.01 - 2018
Proced :	KM. 4+900	Calicata :	C - 03
Ubica :	Coordenada: 61223.57; 775212.49	Profundidad :	1.50 Mts
		Aditivo :	6% Polimero
		Fecha :	18/10/2018
		Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
		Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

Molde N° 1	Diametro Molde		Volumen Molde			930	m3.	N° de capas	
	4"	6"	A	B	C			gr.	N° de golpes
						4027			56Glp.
NUMERO DE ENSAYOS									
						1	2	3	4
Peso Suelo + Molde			gr.			5,737	5,936	5,911	5,811
Peso Suelo Humedo Compactado			gr.			1,710	1,909	1,884	1,784
Peso Volumetrico Humedo			gr.			1,838	2,052	2,026	1,918
Recipiente Numero						3	18	27	56
Peso Suelo Humedo + Tara			gr.			153.9	153.7	154.7	154.8
Peso Suelo Seco + Tara			gr.			138.6	137.1	136.2	134.7
Peso de la Tara			gr.			38.9	38.9	38.9	38.9
Peso del agua			gr.			15.3	16.6	18.5	20.1
Peso del suelo seco			gr.			100	98	97	96
Contenido de agua			%			15.3	16.9	19.0	21.0
Densidad Seca			gr/cc			1.594	1.756	1.702	1.585

RESULTADOS				
Densidad Máxima Seca	1.762	(gr/cm3)	Humedad óptima	17.4 %



6. Observaciones: Muestra identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
ING. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES
Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

FORMATO
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018
Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018
Solicitante : BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ
Proced : KM. 4+900 Calicata: C - 03 Aditivo : 6% Polimero Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Ubica: Coordenada: 61223.57; 775212.49 Profundidad : 1.50 Mts Fecha : 01/11/2018 Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

CALCULO DEL CBR

	1	2	3
Molde N°	5	5	5
Capas N°	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9454.0	9489.0	9254.0
Peso de molde (g)	5032.0	5032.0	5074.0
Peso del suelo húmedo (g)	4422.0	4457.0	4180.0
Volumen del molde (cm3)	2130.0	2130.0	2124.0
Densidad húmeda (g/cm3)	2.075	2.092	1.968
Tara (N°)	38	99	138
Peso suelo húmedo + tara (g)	141.3	166.2	141.1
Peso suelo seco + tara (g)	123.4	144.1	123.7
Peso de tara (g)	38.9	38.8	38.9
Peso de agua (g)	17.9	24.1	17.4
Peso de suelo seco (g)	84.6	105.3	84.9
Contenido de humedad (%)	17.4	18.7	17.5
Densidad seca (g/cm3)	1.768	1.763	1.675

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
01/11/18	12:10	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
02/11/18	12:10	24	41	1.041	0.906	55	1.397	1.215	63	1.600	1.391
03/11/18	12:10	48	52	1.321	1.149	62	1.575	1.369	71	1.803	1.568
04/11/18	12:10	72	67	1.702	1.480	76	1.930	1.679	86	2.184	1.899

PENETRACION

PENETRACION	CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
	STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		10.3	11.3			7.9	8.9			6.5	7.5		
1.270	0.050		21.6	22.6			19.6	20.6			18.1	19.1		
1.905	0.075		36.2	37.2			27.0	28.0			26.8	27.8		
2.540	0.100	70.455	48.2	49.2	-	3.5	35.5	36.5	-	2.6	31.2	32.2	-	2.3
3.810	0.150		64.5	65.5			51.8	52.8			45.2	46.2		
5.080	0.200	105.68	75.7	76.7	-	3.6	62.3	63.3	-	3.0	52.3	53.3	-	2.5
6.350	0.250		83.8	84.8			70.9	71.9			66.5	67.5		
7.620	0.300		91.4	92.4			85.0	86.0			81.3	82.3		
10.160	0.400		105.4	106.4			94.9	95.9			89.5	90.5		
12.700	0.500		116.1	117.1			110.8	111.8			103.1	104.1		

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos
6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
DIRECCION DE CAMINOS
AMAZONAS
Ing. RAÚL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

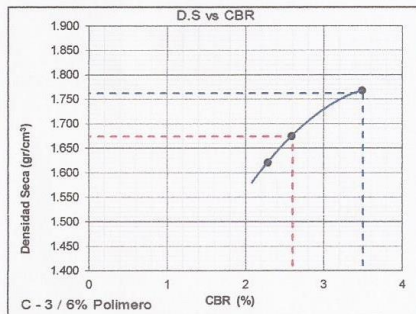


RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
FORMATO							
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR							
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)							
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :	0.01 - 2018			
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ						
Proced :	KM. 4+900	Calicata :	C - 03	Aditivo :	6% Polimero	Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
Ubica :	Coordenada: 61223.57; 7752	Profundidad :	1.50 Mts	Fecha :	05/11/2018	Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

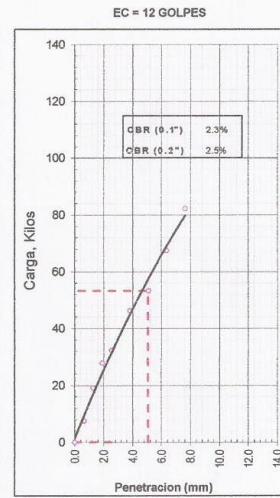
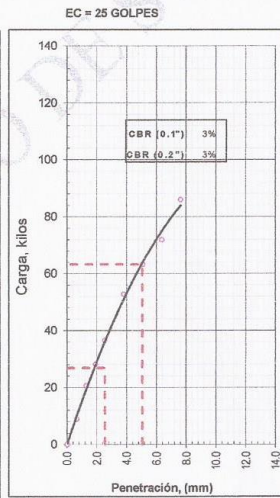
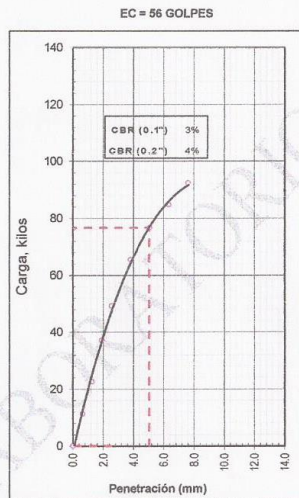
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.762
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 17.4
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.674

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 3.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 2.6 %

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCION DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



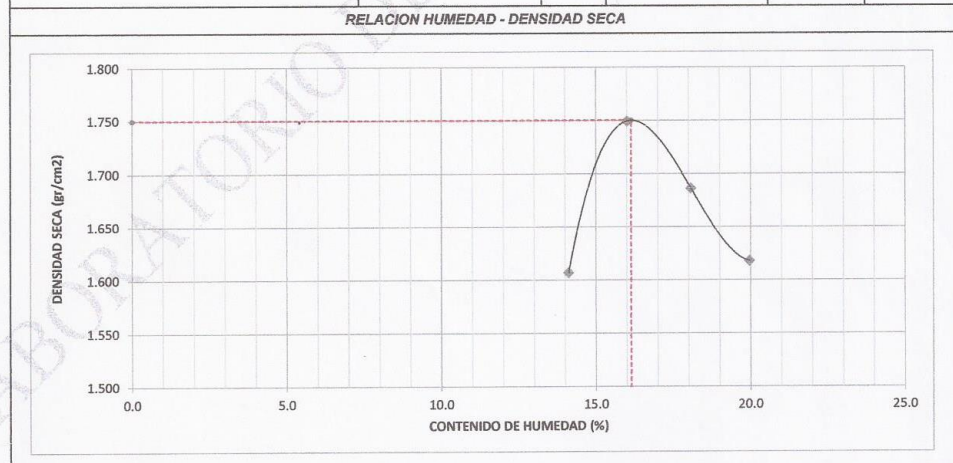
RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
FORMATO					
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)					
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-190)					
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018			Codigo Ensayo N° :	0.01 - 2018
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ				
Proced :	KM. 4+900	Calicata :	C - 03	Aditivo :	9% Polimero
Ubica :	Coordenada: 0176925; 9295005	Profundidad :	1.50 Mts	Fecha :	18/10/2018
				Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
				Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

Molde N° 1	Diametro Molde			Volumen Molde	930	m3.	N° de capas	5
	4"	6"						
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	4027	gr.	N° de golpes
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4
Peso Suelo + Molde				gr.	5,733	5,915	5,879	5,832
Peso Suelo Humedo Compactado				gr.	1,706	1,888	1,852	1,805
Peso Volumetrico Humedo				gr.	1,834	2,030	1,991	1,941
Recipiente Numero					24	108	123	179
Peso Suelo Humedo + Tara				gr.	149.4	149.7	149.3	149.2
Peso Suelo Seco + Tara				gr.	135.7	134.4	132.4	130.8
Peso de la Tara				gr.	38.9	38.8	38.9	38.9
Peso del agua				gr.	13.7	15.3	16.9	18.4
Peso del suelo seco				gr.	97	96	94	92
Contenido de agua				%	14.1	16.0	18.1	20.0
Densidad Seca				gr/cc	1.607	1.750	1.686	1.618

RESULTADOS				
Densidad Máxima Seca	1.750	(gr/cm3)	Humedad óptima	16.1 %



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCION DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
 AEROPORTUARIA
 Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
 DIRECTOR (e)

DIRECCION REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
 DIRECCION DE CAMINOS
 MIGUEL TAPAYURI CHOTA
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
 CHACHAPOYAS - AMAZONAS



GOBIERNO REGIONAL DE AMAZONAS
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - AMAZONAS



RUC: 20392327747

REGISTRO DE LICENCIA N° 00001990-MPCH

FORMATO
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

Proyecto : TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018
Codigo Ensayo N° : 0.01 - 2018
Solicitante : BETTY KAREN CUPAL CHAVEZ
Proced : KM. 4+900
Ubica : Coordenada: 0176925; 9295005
Calicata : C - 03
Profundidad : 1.50 Mts
Aditivo : 9% Polimero
Fecha : 01/11/2018
Ing. Responsable : RAUL A. OLANO G.
Tec. Responsable : M. TAPAYURI CH.

CALCULO DEL CBR						
Molde N°	4	5	6	5	6	5
Capas N°	5	5	5	5	5	5
Golpes por capa N°	66	25	12	66	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9251.0	9284.0	9144.0	9198.0	8736.0	8778.0
Peso de molde (g)	4937.0	4937.0	5014.0	5014.0	4945.0	4945.0
Peso del suelo húmedo (g)	4314.0	4347.0	4130.0	4184.0	3791.0	3833.0
Volumen del molde (cm3)	2115.0	2123.0	2131.0	2131.0	2127.0	2127.0
Densidad húmeda (g/cm3)	2.040	2.048	1.938	1.963	1.782	1.802
Tara (N°)	5	75	138	5	75	138
Peso suelo húmedo + tara (g)	143.8	173.4	143.8	172.9	143.5	172.8
Peso suelo seco + tara (g)	127.8	150.7	127.4	152.1	126.7	152.6
Peso de tara (g)	38.9	38.8	38.9	38.8	38.9	38.8
Peso de agua (g)	16.0	22.7	16.4	20.8	16.8	20.2
Peso de suelo seco (g)	88.9	111.9	88.5	113.3	87.8	113.8
Contenido de humedad (%)	16.2	17.4	16.2	18.9	16.5	21.2
Densidad seca (g/cm3)	1.766	1.744	1.667	1.661	1.530	1.487

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
01/11/18	12:10	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	
02/11/18	12:10	24	59	1.499	1.303	62	1.575	1.399	75	1.905	1.657	
03/11/18	12:10	48	63	1.600	1.391	69	1.753	1.524	86	2.184	1.899	
04/11/18	12:10	72	70	1.778	1.546	85	2.159	1.877	96	2.438	2.120	

PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06	
		STAND.	CÁRGA	DIAL (div)	kg	kg	%	DIAL (div)	kg	kg	%	DIAL (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0				0	0			0	0		
0.635	0.025		24.9	25.9				14.7	15.7			10.8	11.8		
1.270	0.050		35.4	36.4				27.1	28.1			21.2	22.2		
1.905	0.075		44.9	45.9				38.8	39.8			31.6	32.6		
2.540	0.100	70.455	51.6	52.6	-	3.7		47.3	48.3	-	3.4	39.1	40.1	-	2.8
3.810	0.150		62.1	63.1				59.5	60.5			50.5	51.5		
5.080	0.200	105.68	71.9	72.9	-	3.4		67.2	68.2	-	3.2	56.0	57.0	-	2.7
6.350	0.250		80.7	81.7				79.0	80.0			69.8	70.8		
7.620	0.300		88.2	89.2				86.0	87.0			79.8	80.8		
10.160	0.400		105.9	106.9				100.5	101.5			89.7	90.7		
12.700	0.500		121.8	122.8				114.2	115.2			101.4	102.4		

OBSERVACIONES : Anillo: 5000 Kilos
6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA
AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

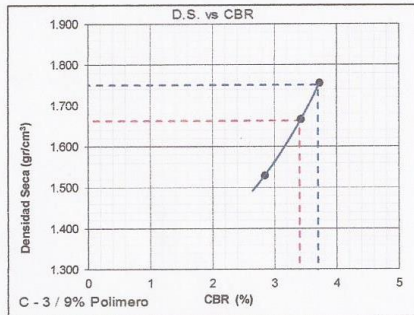
DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS
MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

DIRECCION: Km. 1 + 000 CARRETERA A RODRIGUEZ DE MENDOZA- TELEFONO (FAX) #041 - 312358 ANEXO # 121
CHACHAPOYAS - AMAZONAS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
FORMATO							
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR							
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)							
Proyecto :	TESIS, ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO CON USO DE POLIMERO SINTETICO EN LA CARRETERA CHACHAPOYAS - HUANCAS, AMAZONAS, 2018		Codigo Ensayo N° :	0.01 - 2018			
Solicitante :	BETTY KAREN CUIPAL CHAVEZ						
Proced :	KM. 4+900	Caliceta :	C - 03	Aditivo :	9% Polimero	Ing. Responsable :	RAUL A. OLANO G.
Ubica :	Coordenada: 0176925; 92950	Profundidad :	1.50 Mts	Fecha :	05/11/2018	Tec. Responsable :	M. TAPAYURI CH.

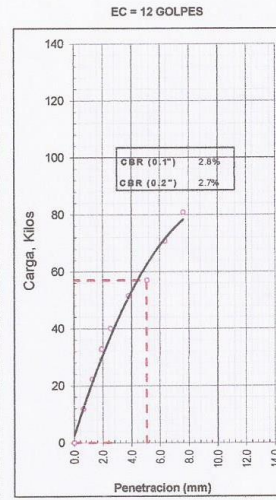
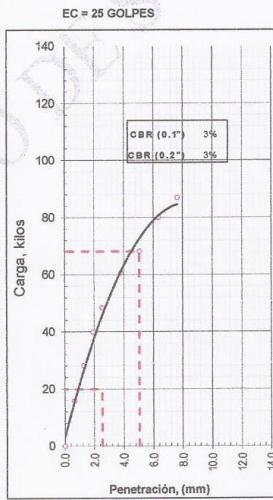
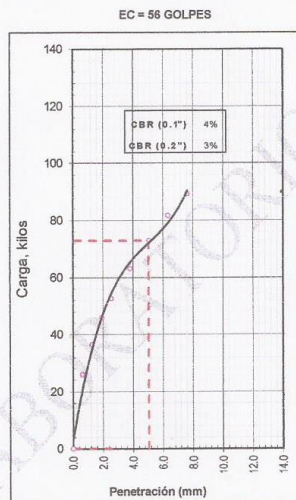
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.750
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 16.1
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.663

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 3.7 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 3.4 %

OBSERVACIONES:



6. Observaciones: Muestra Identificada y Proporcionada por el Laboratorio de suelos de la DRTC-AMAZONAS.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA
Ing. RAUL A. OLANO GUEVARA
DIRECTOR (e)

DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
DIRECCIÓN DE CAMINOS

MIGUEL TAPAYURI CHOTA
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CUIRAZ CHÁVEZ, BETTY KOSEN

INFORME TÍTULADO:

*ESTABILIZACIÓN DEL SUBSTRATO DE SUELO ARCILLOSO CON EL
USO DE POLÍMEROS SIMBIÓTICO EN LA COMASTANA CHOCUBOYAS -
HUANCAS, AMAZONAS, 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

14/12/2018

NOTA O MENCIÓN :

15 (Quince)

Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil





ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo, Carlos Villegas Martínez

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

"Estabilización de subrasante de suelo arcilloso con el uso de aditivo sintético en la casetera Chachacomas - Huancas Amagras, 2018"

del (de la) estudiante Cuical Chávez, Betty Karen

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha.....

Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Carlos Alberto Villegas Martínez

DNI: 08584295

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV

Código : F08-PP-PR-02.02
 Versión : 09
 Fecha : 23-03-2018
 Página : 1 de 1

Yo Betty Karen Cuipal Chávez....., identificado con DNI N° 47222225.....

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

"Estabilización de lasubrasante de suelo arcilloso con uso de polimero sintético en la carretera Chochapoyas - Huancas Amagonyas, 2018.".....

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

Betty Karen Cuipal Chávez

FIRMA

DNI: 47222225.....

FECHA: 14 de diciembre del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas - Huancas, Amazonas, 2018".

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Betty Karen Cuipal Chávez

ASESOR:

Mag. Ing. Carlos Villegas Martínez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2018

Handwritten signature and date: 18-12-18

Resumen de coincidencias

22 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

- | | | |
|---|---|-----|
| 1 | repositorio.uncp.edu.pe
Fuente de internet | 9 % |
| 2 | Entregado a Universida...
Trabajo del estudiante | 3 % |
| 3 | Entregado a Universida...
Trabajo del estudiante | 2 % |
| 4 | documents.mx
Fuente de Internet | 1 % |
| 5 | repositorio.ucv.edu.pe
Fuente de Internet | 1 % |
| 6 | repositorio.continental... | 1 % |