

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**INFLUENCIA DEL ADITIVO PROES EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE PARA EL
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE DEL TRAMO CHIRIACO – MESONES MURO,
PROVINCIA DE BAGUA, DISTRITO DE IMAZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

BACH. YANETH ANTIA YAUN DIAZ

ASESOR:

ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

CAJAMARCA – PERÚ

2023

COPYRIGHT © 2022 by
YAUN DIAZ YANETH ANTIA
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

A mi amada madre Elvira Diaz Becerra, por todo su apoyo incondicional, amor y sacrificio por entregar lo mejor a sus hijos, es un gran ejemplo a seguir. Siempre ha sido y será mi gran inspiración en todas las metas que quiero lograr.

A mis adorados hermanos quien con sus palabras de aliento me apoyaron para lograr esta meta.

A mi amado padre Marcial Yaun Sejunita que en paz descanse, por su amor, apoyo y sacrificio por educar a sus hijos, siempre fue un gran padre hasta sus últimos días, me faltan palabras para agradecerle por los valores que me inculcó para ser una gran persona. Te extraño demasiado mi querido viejito.

A Joe Flores Azurza, por ser mi amigo incondicional, que estuvo conmigo en los momentos más importantes y difíciles, siempre apoyándome y aconsejándome para ser una mujer fuerte.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme salud y cuidarme; así mismo por darme la fortaleza suficiente para poder superar cualquier obstáculo que se atraviesan en la vida.

A mi madre y padre, por ser mi motivo e inspiración para alcanzar este logro, por sus palabras de aliento animándome y apoyándome en cualquier adversidad. Gracias a ustedes mis queridos viejitos.

A mis hermanos, Diwan, Darwin y Mariela por estar en los momentos en que necesite el abrazo y consejo de hermanos.

A mi familia, en especial a mi tía Gledy Diaz Becerra y mi cuñado Roger Guevara por su apoyo en palabras de aliento para no rendirme ante las dificultades que se cruzaban en el camino de realizar la tesis.

A mi asesor Ing. Alejandro Cubas Becerra, por sus consejos y contribución para el desarrollo de la tesis.

A mis amigos de trabajo en especial a Rosio Lopez, Edgar Ordoñez y Denis Guevara por su apoyo incondicional en palabras de aliento.

A la Sra. Giovana Gonzales, por su gran apoyo incondicional.

A mis compañeros y amigos de la UNC-FJ, por las experiencias vividas y apoyo.

A los docentes de la UNC-FJ, por la formación profesional e inculcarnos valores para ser grandes profesionales.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE.....	v
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Planteamiento del Problema	14
1.2. Formulación del Problema.....	14
1.3. Hipótesis	15
1.3.1. Hipótesis general.....	15
1.4. Justificación de la Investigación	15
1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación.....	15
1.6. Limitaciones.....	15
1.7. Objetivos	15
1.7.1. Objetivo general.....	15
1.7.2. Objetivo específico	16
2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes Teóricos.....	16
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	16
2.1.2. Antecedentes Nacionales	17
2.1.3. Antecedentes Locales.....	18
2.2. Bases Teóricas	18
2.2.1. Subrasante.....	18
2.2.2. Capacidad de Soporte de la Subrasante	19
2.2.3. Clase de suelos	19
2.2.3.1. Suelos granulares	19
2.2.3.1.1. Grava.....	19
2.2.3.1.2. Arenas	19

2.2.3.2. Suelos Cohesivos	19
2.2.3.2.1. Limos	19
2.2.3.2.2. Arcillas	20
2.2.4. Propiedades de la Subrasante	21
2.2.4.1. Propiedades físicas	21
2.2.4.1.1. Contenido de Humedad	21
2.2.4.1.2. Granulometría	21
2.2.4.1.3. Plasticidad del suelo	23
2.2.4.1.4. Índice de Grupo	25
2.2.4.1.5. Sistemas de clasificación de los suelos	25
2.2.4.2. Propiedades Mecánicas	31
2.2.4.2.1. Compacidad del suelo	31
2.2.4.2.2. Ensayo California Bearing Ratio (CBR)	31
2.2.5. Estabilización	32
2.2.5.1. Definición	32
2.2.5.2. Tipos de estabilización	33
2.2.5.2.1. Estabilización mecánica	33
2.2.5.2.2. Estabilización por calcinación o tratamiento térmico ...	33
2.2.5.2.3. Estabilización por drenaje	33
2.2.5.2.4. Estabilización por combinación	33
2.2.5.2.5. Estabilización por sustitución de suelos	33
2.2.5.2.6. Estabilización química	33
2.2.5.3. Estabilización Química de suelos empleando nuevas Tecnologías	
.....	33
2.2.5.3.1. Aditivo PROES	33
2.3. Definición de términos básicos	37
3. CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1. Localización del Proyecto	38
3.1.1. Ubicación Política	38
3.1.2. Clima	40
3.1.3. Ubicación geográfica	40
3.2. Tiempo o época de la investigación	40

3.3. Definición de Variables	40
3.4. Operacionalización de variables	41
3.1. Matriz de consistencia.....	42
3.2. Procedimiento	43
3.2.1. Reconocimiento o inspección de la vía.....	44
3.2.2. Conteo vehicular (flujo vehicular) y clasificación de vía	44
3.2.2.1. Estudio de Tránsito	44
3.2.2.2. Cálculo de IMDs	44
3.2.2.1. Factor de Corrección estacional.....	45
3.2.2.1. Cálculo del IMDa.....	45
3.2.2.2. Clasificación de vía.....	46
3.2.3. Ubicación de las calicatas y extracción de muestras	47
3.2.4. Ensayos físicos de los estratos en estado natural	49
3.2.4.1. Contenido de humedad	49
3.2.4.2. Análisis Granulométrico de Suelo por Tamizado	49
3.2.4.3. Límite de Atterberg.....	49
3.2.5. Ensayos mecánicos en estado natural	50
3.2.5.1. Proctor Modificado	51
3.2.5.2. California Bearing Ratio (CBR)	51
3.2.6. Dosificación del aditivo Proes	51
3.2.6.1. Cálculo Porcentaje de Cemento	52
3.2.6.2. Cálculo de dosificación de Aditivo.....	52
3.2.7. Ensayo California Bearing Ratio (CBR) aplicación del aditivo Proes.	54
3.3. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.....	54
3.3.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación	54
3.3.2. Población.....	54
3.3.3. Muestra	54
3.3.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
3.3.4. Presentación de resultados	55
3.3.4.1. Resultados de los ensayos para determinar las propiedades físicas	
.....	55
3.3.4.1.1. Ensayo de Contenido de Humedad	55

3.3.4.1.1. Análisis granulométrico	56
3.3.4.1.1. Límite de Atterberg	57
3.3.4.1. Clasificación SUCS Y AASHTO	57
3.3.4.1. Perfil estratigráfico y estructura del pavimento.	58
3.3.4.2. Resultado de los ensayos para determinar las propiedades Mecánicas	59
3.3.4.2.1. Proctor Modificado	59
3.3.4.2.2. Ensayo California Bearing Ratio (CBR).....	60
3.3.4.3. Resultados del ensayo CBR con la aplicación del aditivo Proes .	61
3.3.1. Análisis estadístico.....	69
3.3.1.1. Prueba de Normalidad.....	69
3.3.1.2. Análisis de Varianza (ANOVA)	70
3.3.1.3. Prueba de Tukey	71
3.4. Contratación de Hipótesis	72
4. CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	73
4.1. Discusión de resultados.....	73
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1. CONCLUSIONES	75
5.2. RECOMENDACIONES.....	76
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS A:	79
A.1 CONTEO VEHICULAR	79
A.2 CUADRO DE RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS	87
A.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO	92
A.4 CUADRO DE RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS	94
A.5 CUADRO DE RESUMEN DEL ENSAYO CBR CON LA APLICACIÓN DEL ADITIVO PROES	98
ANEXOS B:.....	101
B.1 PLANOS	101
B.2 PANEL FOTOGRÁFICO	112

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Masas mín. requerida según la norma MTC E 107.	22
Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.	22
Tabla 3. Clasificación de suelos según índice de Plasticidad.	24
Tabla 4. Clasificación de suelos según índice de grupo.	25
Tabla 5. Clasificación de suelos.....	26
Tabla 6. Tipología de suelos (SUCS).....	27
Tabla 7. Sistema Unificado de Clasificación.	28
Tabla 8. Sistema de clasificación AASHTO.....	30
Tabla 9. Categoría de Subrasante.....	32
Tabla 10. Cartilla de dosificación del aditivo Proes.	36
Tabla 11. Ubicación geográfica del tramo Chiriaco - Mesones Muro en coordenadas UTM - geográficas	40
Tabla 12. Operacionalización de variables.	41
Tabla 13. Matriz de consistencia.....	42
Tabla 14. Resumen de conteo vehicular.	44
Tabla 15. Cálculo del IMDs.....	45
Tabla 16. Cálculo de IMDa.....	46
Tabla 17. Tipo de carretera según el IMDa.	47
Tabla 18. Porcentaje de cemento a utilizar.	52
Tabla 19. Dosificación de la calicata 2.	53
Tabla 20. Dosificación de la calicata 4.	53
Tabla 21. Dosificación de la calicata 7.	53
Tabla 22. Dosificación de la calicata 9.	54
Tabla 23. Resultados del ensayo de contenido de humedad.	56
Tabla 24. Resultados del ensayo granulométrico por tamizado.....	56
Tabla 25. Resultados del límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad.....	57
Tabla 26. Clasificación SUCS y AASHTO.	57
Tabla 27. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	59

Tabla 28. Resultados del ensayo CBR en estado natural con sus respectivas repeticiones.	60
Tabla 29. Resultados del ensayo CBR de la muestra en estado natural (promedio).....	61
Tabla 30. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.22lt/m ³ de aditivo Proes.	62
Tabla 31. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.26lt/m ³ de aditivo Proes.	63
Tabla 32. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.30lt/m ³ de aditivo Proes.	64
Tabla 33. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.34lt/m ³ de aditivo Proes.	65
Tabla 34. Resultados del ensayo CBR, promedio de las 4 dosificaciones de la calicata 2.	66
Tabla 35. Resultados del ensayo CBR, promedio de las 4 dosificaciones de la calicata 4.	66
Tabla 36. Resultados del ensayo CBR, promedio de las 4 dosificaciones de la calicata 7.	67
Tabla 37. Resultados del ensayo CBR, promedio de las 4 dosificaciones de la calicata 9.	68
Tabla 38. Comparación de los resultados del CBR patrón con el CBR con aditivo Proes + Cemento.	69
Tabla 39. Prueba de Shapiro Wilks.....	70
Tabla 40. Prueba de Friedman´s test.....	70
Tabla 41. Análisis de Varianza.	71
Tabla 42. Prueba de Medias.....	71
Tabla 43. Resultados de medias de comparaciones en grupo de TUKEY.....	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico esquemático de comportamiento del aditivo Proes.	35
Figura 2. Ubicación del Departamento de Amazonas, Provincia de Bagua y Distrito de Imaza.	38
Figura 3. Plano general de ubicación del tramo Chiriaco - Mesones Muro.	39
Figura 4. Esquema de los procedimientos realizados para la evaluación de la capacidad de soporte de la subrasante.	43
Figura 5. Ubicación de las calicatas.	48
Figura 6. Esquema estratigráfico.	58
Figura 7. Estructura del Pavimento.	59
Figura 8. Resultados del ensayo CBR en estado natural.	60
Figura 9. CBR natural promedio al 95%.	61
Figura 10. Resultados del ensayo CBR con Dosificación 0.22 lt/m ³ de aditivo Proes. ..	62
Figura 11. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.26 lt/m ³ de aditivo Proes.	63
Figura 12. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.30 lt/m ³ de aditivo Proes.	64
Figura 13. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.34lt/m ³ de aditivo Proes.	65
Figura 14. CBR promedio de la calicata 2.	66
Figura 15. CBR promedio de la calicata 4.	67
Figura 16. CBR promedio de la calicata 7.	67
Figura 17. CBR promedio de la calicata 9.	68
Figura 18. CBR con las 4 dosificaciones + 50kg/m ³ de cemento.	74

RESUMEN

A nivel nacional uno de los principales problemas que se afronta para el desarrollo económico del país es el deterioro prematuro de los pavimentos, siendo una de las causas la baja capacidad de soporte de la subrasante, es por ello que esta investigación se realizó con el fin de analizar la influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de la subrasante del tramo Chiriaco – mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza. Como técnica preliminar se consideró la observación, la cual se examinó el estado actual de la carretera a estudiar, se realizó un levantamiento topográfico para la georreferenciación del tramo a estudiar y de esa manera ubicar las calicatas cada 1 km, así mismo se realizaron los ensayos básicos (Contenido de Humedad, Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg, Proctor modificado y Ensayo de CBR) para determinar las propiedades física y mecánicas. En esta investigación se realizaron 4 dosificaciones de 0.22 lt/m³, 0.26 lt/m³, 0.30 lt/m³ y 0.34 lt/m³ de aditivo Proes y 50 kg/m³ de cemento, estas dosificaciones se optaron de acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos básicos y la cartilla de especificaciones técnicas del aditivo Proes; del análisis de los resultados obtenidos con la aplicación del aditivo, Se concluyó que el aditivo Proes mejora la capacidad de soporte de la subrasante de las muestras estudiadas en todas sus dosificaciones, presentando mayor eficiencia para las calicatas C-2 y C-7 con la dosificación 0.26lt/m³ y para C-4 y C-9 con la dosificación 0.30lt/m³.

Palabras clave: Capacidad de soporte, subrasante y aditivo.

ABSTRACT

At the national level, one of the main problems faced for the economic development of the country is the premature deterioration of the pavements, one of the causes being the low support capacity of the subgrade, which is why this investigation was carried out with the aim of to analyze the influence of the Proes additive on the support capacity for the improvement of the subgrade of the Chiriaco – Mesones Muro section, Bagua Province, Imaza District. As a preliminary technique, observation was considered, which examined the current state of the road to be studied, a topographic survey was carried out for the georeferencing of the section to be studied and in this way locate the pits every 1 km, likewise the tests were carried out. basics (Moisture Content, Granulometric Analysis, Atterberg Limits, Modified Proctor and CBR Test) to determine the physical and mechanical properties. In this investigation, 4 dosages of 0.22 lt/m³, 0.26 lt/m³, 0.30 lt/m³ and 0.34 lt/m³ of Proes additive and 50 kg/m³ of cement were carried out, these dosages were chosen according to the results obtained from the basic tests and the technical specifications booklet of the Proes additive; From the analysis of the results obtained with the application of the additive, it was concluded that the Proes additive improves the support capacity of the subgrade of the samples studied in all its dosages, presenting greater efficiency for pits C-2 and C-7 with the dosage 0.26lt/m³ and for C-4 and C-9 with dosage 0.30lt/m³.

Keywords: Bearing capacity, subgrade and additive.

1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Las vías son indispensables para el desarrollo económico, social, cultural y turístico, por lo que es necesario, contar con una infraestructura vial, que garantice el tránsito de forma cómoda y segura. Actualmente uno de los problemas que hay a nivel mundial asociado a redes viales es el estado en deterioro de los pavimentos, disminuyendo la eficiente comunicación que brindan dichas redes viales. Las malas condiciones de las mismas se deben a varios factores tales como: diseño inadecuado, deficiente proceso constructivo y uso de materiales que no cumplen con las especificaciones técnicas de su diseño.

En la actualidad un gran porcentaje de países se enfrentan con la problemática de deficiente desarrollo de infraestructura vial, ocasionado por deficiencias de la subrasante, lo que ha traído como consecuencia deterioro en los pavimentos, una de la alternativa muy útil es la construcción de carreteras con estabilizadores químicos como el aditivo Proes, que permite mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, incrementando de esa manera la capacidad de soporte y así mismo permitirá obtener vías estables con larga vida útil, la cual no se requerirá mantenimiento.

1.1. Planteamiento del Problema

El departamento de Amazonas es una de muchas regiones en el Perú que se dedican a la agricultura y ganadería, así también afronta uno los principales problemas que es el alto grado de deterioro de las redes viales pavimentadas y no pavimentadas en nuestro país, ocasionadas por problemas en la subrasante de las vías, generando que los pavimentos de muchas carreteras del sistema nacional no cumplan con el periodo de diseño y prematuramente presenten fallas que conlleva a una mala serviciabilidad

En el Tramo de Chiriaco – Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza Departamento de Amazonas, se ha observado que el pavimento se encuentra en mal estado, presentando ahuellamientos, hundimientos, corrugaciones, hinchamientos, que son patologías asociadas a las deficiencias en la subrasante; es por ello que en esta investigación se evaluará la influencia del aditivo Proes, para mejorar la capacidad de soporte de la subrasante tomando como muestra el tramo antes mencionado.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es la influencia del aditivo Proes en la capacidad de Soporte de la subrasante del tramo Chiriaco – Mesones Muro?.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

- La adición del aditivo Proes mejora la capacidad de Soporte de la subrasante del tramo Chiriaco-Mesones Muro en un 30%.

1.4. Justificación de la Investigación

La presente investigación se justifica por la necesidad de mejorar la subrasante y hacerla más competente para cumplir las funciones que le corresponde y obviamente impedir la presencia de patologías en el pavimento; siendo esto una mejoría para el desarrollo económico del país y la facilidad de los pobladores de transportar los productos de primera necesidad.

Así mismo, se realizó el estudio con el fin de brindar la información necesaria para investigaciones posteriores, futuros proyectos de infraestructura vial y aportar información necesaria para estabilizar suelos con este tipo de aditivo.

1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación

El estudio se realizó en el año 2021, del tramo Chiriaco – Mesones Muro perteneciente a la carretera eje vial N° 04, ubicada en el distrito de Imaza, departamento de Amazonas.

El presente trabajo de investigación está dirigido a profesionales, estudiantes de ingeniería y en general a todas las personas que de una u otra forma están involucrados con el diseño y conservación de pavimentos de las carreteras de la región y del país, puesto que se estudia cómo mejorar la capacidad de soporte de la subrasante utilizando el aditivos proes, previamente se determinaron las características físico mecánicas de los suelos constitutivos de la subrasante, teniendo en consideración que en el distrito de Imaza predominan los suelos arcillosos con baja capacidad de soporte.

1.6. Limitaciones

En el transcurso de la investigación se presentaron limitaciones como el no acceso al expediente técnico (estudio de suelos).

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

- Determinar la influencia del Aditivo Proes en la capacidad de soporte para mejoramiento de la subrasante del tramo Chiriaco – Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza.

1.7.2. Objetivo específico

- Determinar las propiedades Físico – Mecánicas de la subrasante del tramo Chiriaco -Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza antes de la aplicación del Aditivo Proes.
- Determinar si la aplicación del aditivo Proes mejora la categoría de subrasante del tramo Chiriaco – Mesones Muro, provincia de Bagua, distrito de Imaza.

2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ariza et al. (2016) realizaron un estudio Titulado “Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante”, concluyendo que las muestras de suelo tomados tienen un límite líquido elevado, alta plasticidad y son altamente sensibles al cambio de volumen por contracción y al momento de adicionar ceniza a las muestras de suelo muestran cambios positivos, ya que aumentaron los valores de plasticidad representados en el límite líquido, límite plástico y % de expansión, pero muestra resultados negativos, puesto que la expansión aumenta directamente proporcional al adicionar ceniza, lo cual afecta a una estructura vial, así mismo los resultados de CBR tiene un comportamiento positivo hasta la adición del 35% de ceniza, ya que el valor del 40% de adición de ceniza, su valor de CBR vuelve a bajar, cabe mencionar que la variación entre las mezclas es mínima, pero en comparación al suelo natural si tiene una considerable proporción.

Espitia y Ramos (2017) realizaron un estudio Titulado “Variación de la capacidad de soporte de una base granular por inclusión de Tereftalato de Polietileno (PET) como material de agregado (Rango 0%,50% y 100% - Tamices N° 4, 3/8”, ½”, 3/4” Y 1”), concluyendo los resultados de los ensayos de CBR que, al aumentar el porcentaje del PET, disminuye considerablemente el CBR, debido a que se está reemplazando el material grueso de la base y sustituyendo con partículas finas de PET. No se recomienda la ejecución de una base granular con adición de PET en los tamices y porcentajes evaluados en el presente proyecto, aunque se obtuvo en los tamices de 3/8” y 3/4” con adición de escamas de PET en un 50%, un CBR que alcanzó un porcentaje aceptable. La anterior aceptación no es confiable por lo que no se percibe claridad en

su tendencia, además de que las gráficas son dispersas. Igualmente se obtuvo variación en los resultados de la capacidad portante, por lo que hace difícil asegurar algún tipo de conclusión.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Reategui (2018) realizó un estudio titulado “Influencia del aditivo Proes para mejorar la estabilización de la subrasante del tramo Lahuarpía

Emilio San Martín, Japelacio, Moyobamba 2017; concluyendo una mejoría en los resultados de las pruebas de CBR aplicando el aditivo Proes, con un aumento en los resultados de las pruebas de hasta 191.72% respectivamente, deduciéndose que se puede trabajar utilizando el aditivo Proes para mejoramientos de suelos ya que mejora las propiedades físicas y mecánicas de un base para carreteras y también generando beneficios económicos.

Carranza y Fernández (2018) realizaron un estudio Titulado “Aplicación de los aditivos Proes y Conaid para mejorar la capacidad de soporte(CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P. Barraza, Laredo, La Libertad – 2018”, concluyendo de que el suelo natural de la vía, según la clasificación SUCS es limo-arcilloso de baja plasticidad (ML – CL) y que al añadir ambos aditivos Sólidos Proes y Conaid mejoran las propiedades mecánicas del suelo de Barranza, Laredo corroborado mediante los ensayos de CBR y Compresión Simple no confinada; así mismo se determinó que el CBR por la adición del aditivo líquido proes se incrementa hasta un valor de 13% teniendo mejores resultados en las propiedades mecánicas que el aditivo líquido Conaid que tiene un 10%, lo cual mejoró la subrasante inadecuada a buena.

Castillo (2018) realizó un estudio titulado “Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de Pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018”, concluyendo de acuerdo a los resultados obtenidos que el aditivo Proes mejora las propiedades mecánicas del suelo con la dosificación de 0.27 lt/m³ de aditivo Proes y 45kg/m³ de cemento Portland, debido a que la capacidad de soporte aumenta significativamente. Esto se vio reflejado en tres puntos de la carretera donde el suelo era inadecuado, a los cuales se les añadió el aditivo Proes, de tal forma que el CBR del suelo del Km 2+500 aumentó del 6.90% al 109.80%, del Km 5+500 pasó de 7.57% al 116.40%, y del Km 8+500 aumentó de 7.54% al 114.28%, lo cual indica que el aditivo mejoró el CBR del suelo en más de quince veces.

2.1.3. Antecedentes Locales

Díaz (2018) realizó un estudio titulado “Influencia del aditivo Sika Dust Seal como agente estabilizador de suelos en la trocha carrozable tramo La Serma – Tambillo, Jaén, Cajamarca”, concluyendo que existe un aumento del CBR al 95% de la máxima densidad seca para 0.1” de penetración; favorable en la calicata 01, 02, 03 y 04, en un 27.91%, 30.23%, 19.55% y 28.23% respectivamente.

Caruajulca (2018) realizó un estudio titulado “Influencia del aditivo Cloruro de Sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera Tramo Cruce el Porongo – Aeropuerto – Cajamarca”, concluyendo que adicionando Cloruro de Sodio en 1% aumenta su CBR en un 0.01, 2% de Cloruro de Sodio aumenta su CBR en 0.263 y en 3% de Cloruro de Sodio aumenta su CBR en un 0.385; determinándose que para este tramo su óptimo estudiado sería en 3% de Cloruro de Sodio, así mismo se concluyó que su CBR no varía demasiado.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Subrasante

La subrasante es la capa superior del terreno de fundación, que recibe y soporta las cargas transmitidas en el pavimento.

La calidad de la Subrasante contiene un rol importante porque influye en los esfuerzos, desplazamiento y agrietamientos, considerándose importante para la construcción de un pavimento. Si de acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo CBR se considera esta capa inestable, siendo no apto para el diseño del pavimento y aun así se llegan a colocar las subsiguientes capas(base y subbase) sin haber obtenido un soporte adecuado, las fallas aflorarán después de que la pavimentación inicie su funcionamiento, ocasionando daños estructurales; es por ello la importancia de obtener subrasantes que cumplan con las características necesarias para que el pavimento sea eficiente (Ravines, 2010).

Los suelos por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables con $CBR \geq 6\%$. En caso el suelo, debajo del nivel superior de la subrasante, tenga un $CBR < 6\%$ (subrasante pobre o subrasante inadecuada), corresponde estabilizar los suelos. (M.T.C., 2014, p. 25)

2.2.2. Capacidad de Soporte de la Subrasante

“La capacidad de soporte de la subrasante, es la capacidad que tiene el suelo de soportar los esfuerzos verticales transmitidos por las cargas de tránsito. La deformación del suelo y la deflexión resultante deberán ser menores a las admisibles” (Minaya y Ordoñez, 2006, p. 29).

2.2.3. Clase de suelos

2.2.3.1. Suelos granulares

Esta clase de suelos tiene como principal característica el gran tamaño de sus partículas y debido a la poca humedad que estas contienen, tiende a ser difícil la cohesión entre ellas (Bañón y Beví, 2015).

La presencia de suelos finos en los suelos granulares es de gran importancia, dado que este permite la cohesión de las partículas; pero en muchas ocasiones la presencia de los suelos finos es demasiado escasa, ocasionando asentamientos que llegaría a provocar la destrucción de la estructura del pavimento (Plaza, 2005).

2.2.3.1.1. Grava

“Suelo que pasa la malla de 3” (75 mm) y es retenida en la malla N°. 4 (4.75 mm)” (Minaya y Ordoñez, 2006, p.271).

2.2.3.1.2. Arenas

Según Minaya y Ordoñez (2006). Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos (2da ed.):

“Partículas de roca que pasan la malla N°.4(4.75mm) y son retenidas en la malla N°. 200 (75 μ m)” (Minaya y Ordoñez, 2006, p.271).

2.2.3.2. Suelos Cohesivos

El diminuto tamaño de las partículas de suelos cohesivos, es una de las características que hace diferenciar de los suelos mencionados anteriormente; este tipo de suelos tienden a ser impermeables lo que ocasiona a que el agua no se filtre adecuadamente, ocasionado la formación de charcos en la superficie del terreno; así mismo se caracterizan por su alta compresibilidad, que es la disminución volumétrica de las partículas al ser aplicada una fuerza vertical o presión, lo que ocasionaría daños severos a la estructura (Bañón y Beví, 2015).

2.2.3.2.1. Limos

“Los limos en general se consideran suelos finos, variando su tamaño entre 1/16 y 1/256 mm” (Plaza, 2005, p. 57).

Los limos orgánicos, son aquellos que en su naturaleza no se encuentran compactados, por lo que en este tipo de suelos es desconfiable cimentar, así mismo la filtración del agua es muy lenta, considerándose suelos no aptos para una construcción (Crespo, 2004).

Los limos inorgánicos, se caracterizan por su nula o escasa plasticidad, así mismo son propensos a la licuefacción por la presencia de agua saturada, ocasionado la vulnerabilidad a las vibraciones causadas por los temblores y/o terremotos (Plaza, 2005).

2.2.3.2.2. Arcillas

Las arcillas, son aquellas que contienen alta plasticidad al momento de mezclarlo con agua, debido a que contienen agujeros o poros diminutos que ocasionan la deficiente fluidez del agua (Crespo, 2004).

Las arcillas se pueden clasificar en 3 grupos, que son:

- Caolinita: Una de las principales cualidades de este grupo es que se mantiene invariable o inalterable a la presencia del agua, esto se debe a que estas contienen una lámina silícica y una lámina alumínica que llegan a formar placas fuertemente unidas, evitando que las moléculas de agua se introduzcan con facilidad a este grupo de arcillas (Crespo, 2004).
- Montmorillonita: Este grupo a diferencia de lo mencionado anteriormente son muy susceptibles a la expansión, dado que la lámina alumínica (1) y la lámina silícica (2) no están fuertemente unidas, provocando que el agua entre sin dificultad (Crespo, 2004).
- Illita: Este grupo se caracterizan por no ser tan expansivas como las montmorillonitas, debido a que se llegan a formar pequeñas masas compactadas a causa de la presencia de iones de potasio, siendo un tanto complicadas la penetración de las moléculas de agua (Crespo, 2004).

En resumen, se puede decir que cualquier grupo de arcilla mencionadas anteriormente se consideran plásticas debido al elevado porcentaje del contenido de humedad; así mismo tienden a contraerse el momento de deshidratarse (perdida de humedad) (Crespo, 2004).

Este tipo de suelos se caracterizan por tener una capacidad soporte muy baja, en consecuencia, llega a ser un tipo de suelo muy problemático a tratar en la construcción de obras viales, así como también en obras de infraestructura (Bañón y Bevíá, 2015).

2.2.4. Propiedades de la Subrasante

2.2.4.1. Propiedades físicas

2.2.4.1.1. Contenido de Humedad

El contenido de humedad de un suelo, es aquel que en cierta masa de suelo se puede hallar un porcentaje agua (M.T.C., 2016).

Es de suma importancia determinar esta propiedad, dado que depende de ello el comportamiento y la resistencia del suelo.

Para calcular el porcentaje de contenido de humedad de dicha masa de suelo, se considera la siguiente fórmula encontradas en el la Norma M.T.C. E 108 (Manual de ensayo de materiales):

$$W = \left(\frac{M_{cms} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \right) * 100 = \left(\frac{M_w}{M_s} \right) * 10 \quad (1)$$

Donde:

W : Contenido de humedad, (%)

M_{cms} : Masa del contenedor más suelo húmedo, en gramos.

M_{cs} : Masa del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos.

M_c : Masa del contenedor, en gramos.

M_w : Masa de agua, en gramos.

M_s : Masa de las partículas sólidas, en gramos.

2.2.4.1.2. Granulometría

Esta propiedad permite distinguir los diferentes tamaños de partículas ya sean gravas, arenas, limos y arcillas de una determinada cantidad de suelos, por ello se ha considerado fundamental realizar la granulometría para determinar el porcentaje de los diversos suelos que se encuentran en dicho espécimen de ensayo (Kraemer et.al., 2004).

El ensayo granulométrico, nos permite también aproximarnos de acuerdo a los resultados obtenidos la capacidad de soporte y la permeabilidad del suelo.

Con las indicaciones del Ensayo MTC E 107 se puede realizar un adecuado tamizado para la identificación de los diferentes tamaños de partículas (M.T.C., 2014).

Tabla 1. Masas mín. requerida según la norma MTC E 107.

Peso mínimo retenido en la malla N° 4	
Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8´´)	500
19,6 (3/4´´)	1000
25,7 (1´´)	2000
37,5 (1 1/2´´)	3000
50,0 (2´´)	4000
75,0 (3´´)	5000
Peso mínimo pasante la malla N° 4	
Suelos arenosos	115
Suelos arcillosos y limosos	65

Fuente: Manual de ensayos de Materiales

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se define los siguientes términos:

Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.

Tipo de Material	Tamaño de partículas
Grava	75 mm – 4.75 mm
Arena	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
	Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm
	Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo 0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla Menor a 0.005 mm

Fuente: Datos tomados de la norma MTC (2014). M.C.S.G.G.P.

Según la Norma de ensayos de Materiales (MTC E107), Para determinar los porcentajes que pasan en cada tamiz se tiene que aplicar las siguientes fórmulas:

a) Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4):

$$\% \text{ Pasa } 4,760 \text{ (N}^\circ 4) = \frac{\text{Masa que pasa la malla N}^\circ 4}{\text{Masa Total}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{porción retenida N}^\circ 4 = \text{Masa Total} - \text{Masa pasante por el tamiz N}^\circ 4$$

b) Valores de análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N°4):

$$\% \text{ Pasa N}^\circ 200 = \frac{\text{Masa total} - \text{Masa Retenido en el Tamiz } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100 \quad (3)$$

$$\% \text{ Retenido N}^\circ 200 = \frac{\text{Masa Retenido en el tamiz } 0.074}{\text{Masa Total}} \times 100 \quad (4)$$

Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado ...} \quad (5)$$

2.2.4.1.3. Plasticidad del suelo

La plasticidad de un suelo depende de su humedad y de la naturaleza de sus posibles componentes arcillosos. La cuantificación de la plasticidad se realiza mediante los límites de consistencia o Atterberg. Estos fueron establecidos por el ingeniero agrónomo sueco Atteberg en 1911 y miden la plasticidad del suelo. (Kraemer et.al., 2004, p. 34)

“Se denomina plasticidad a la propiedad que presenta algunos suelos de modificar su consistencia (o, dicho de otra forma, su resistencia al corte) en función de la humedad” (Frankie, 2013, párr. 1).

a) Límite de Atterberg.

Los límites de Atterberg establecen cuán sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua, definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo MTC E 110), el límite plástico (LP, según ensayo MTC E 111) y el límite de contracción (LC, Según ensayo MTC E 112). (M.T.C., 2014, p. 33)

b) Límite Líquido (LL)

El límite líquido es aquel en el cual, el suelo al aumentar su humedad en una cantidad determinada, este puede llegar a considerarse en un estado líquido o estado plástico, siendo fácil moldearse (M.T.C., 2014).

Para poder realizar este ensayo se necesita una cuchara de Casagrande, en la cual se coloca una cantidad de muestra húmeda y con la ayuda de un acanalador se separa en dos porciones parecidas, para luego realizar ciertos golpes permitiendo que estas porciones separadas se lleguen a unir a una distancia establecidas en la norma (Frankie, 2013).

La longitud en la que dichas mitades deben unirse es de 13mm (1/2 pulg.), después de haber realizado el número de golpes en diferentes porcentajes de humedad o según el método indicado en la norma (NTP 339.129, 2014).

c) Límite Plástico

Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolando en hilos de 3.2 mm (1/8 pulg) sin que se rompan en pedazos (M.T.C., 2016).

d) Índice de plasticidad

“Es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico” (NTP 339.129, 2014, p.10).

El suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:

Tabla 3. Clasificación de suelos según índice de Plasticidad.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP > 7$		
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No Plástico	Suelos exentos de arcillas

Fuente: Datos tomados de la norma MTC (2014). M.C.S.G.G.P.

Para verificar que el suelo es apto para la construcción de un pavimento o infraestructura, se tiene en cuenta la cantidad de arcilla presente en el suelo de subrasante, debido a que este tipo de suelos se caracterizan por su alta expansión volumétrica al contacto con el agua, debiéndose

prever medidas de mitigación para evitar daños en la estructura del pavimento o infraestructura (M.T.C., 2014).

2.2.4.1.4. Índice de Grupo

Este es un índice normado por AASHTO para clasificar los suelos, teniendo como dato esencial los resultados obtenidos en los límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico).

Tabla 4. *Clasificación de suelos según índice de grupo.*

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 - 2	Bueno
IG está entre 0 - 1	Muy bueno

Fuente: Datos tomados de la norma MTC (2014). M.C.S.G.G.P.

2.2.4.1.5. Sistemas de clasificación de los suelos

El sistema de clasificación es la agrupación que se da a los suelos de características semejantes. Por consiguiente, para la evaluación y su respectiva clasificación se compara las propiedades de cada suelo con otros del mismo tipo (M.T.C., 2016).

a) Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio (granulometría, límite líquido y índice de plasticidad), se puede determinar las características del tamaño de las partículas de los diferentes suelos encontrados (ASTM D - 2487, 2017).

En función de estos símbolos, pueden establecerse diferentes combinaciones que definen uno y otro tipo de suelos:

Tabla 5. Clasificación de suelos.

Criterios para Asignar Grupos de Símbolos y Grupos de Nombres Utilizando Pruebas de Laboratorio ^A			Clasificación de Suelo ^B			
			Símbolo de Grupo	Nombre de Grupo		
SUELOS DE GRANO GRUESO Más del 50% retenido en un tamiz No.200	Grava (Más del 50% de la fracción gruesa retenida en un tamiz No.4)	Gravas Limpias (Menos del 5% fino ^C)	$Cu > 1 \leq Cc \leq 3^D$	GW	Grava bien clasificada ^E	
			$Cu < 4$ y/o $[Cc < 1$ o $Cc > 3]^D$	GP	Grava pobremente clasificada ^E	
		Grava fina (más del 12% fina ^I)	Fina clasifica como ML o MH	GM	Grava Limosa ^{E, F, G}	
			Fina clasifica como CI o CH	GC	Grava Arcillosa ^{E, F, G}	
	Arenas (50% o más de la fracción gruesa pasa un tamiz No.4)	Arena Limpia (fina menos del 5% ^H)	$Cu > 6$ y $1 \leq Cc \leq 3^D$	SW	Arena bien graduada ^I	
			$Cu < 6$ y/o $[Cc < 1$ o $Cc > 3]^D$	SP	Arena pobremente graduada ^I	
		Arena Fina (Más del 12% fina ^H)	Fina clasifica como ML o MH	SM	Arena legamosa ^{F, G, I}	
			Fina clasifica como CI o CH	SC	Arena arcillosa ^{F, G, I}	
			Inorgánico	$PI > 7$ y estructura sobre o por encima línea "A" ^J	CL	Arcilla Magra ^{K, I, M}
				$PI < 4$ o estructura bajo línea "A" ^J	ML	Légamo ^{K, I, M}
Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75	OL	Arcilla Orgánica ^{K, I, M, N}			
	Límite Líquido – no seco < 0.75		Légamo Orgánico ^{K, I, M, O}			
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más pasa por un tamiz No.200	Légamos y Arcilla Límite Líquido Menor a 50	Inorgánico	PI estructura sobre o por encima línea "A"	CH	Arcilla Grasa ^{K, I, M}	
			PI estructura bajo línea "A"	MH	Légamo Elástico ^{K, I, M}	
	Légamos y Arcilla Límite Líquido Mayor a 50	Orgánico	Límite Líquido – más seco < 0.75	OH	Arcilla Orgánica ^{K, I, M, N}	
			Límite Líquido – no seco < 0.75		Légamo Orgánico ^{K, I, M, O}	
		Materia primordialmente orgánica, de color oscuro y hedor orgánico.			PT	Turba

Fuente: Datos tomados de la Norma ASTM D - 2487 – 2017

Tabla 6. *Tipología de suelos (SUCS).*

Símbolo	Características generales		
GW		Limpias (Finos	Bien graduadas
GP	Gravas (> 50% en tamiz #4 ASTM)	< 5%)	Pobremente graduadas
GM		Con finos	Componente limoso
GC		(Finos > 12%)	Componente arcilloso
SW		Limpias (Finos	Bien graduadas
SP	Arenas (< 50% en tamiz #4 ASTM)	< 5%)	Pobremente graduadas
SM		Con finos	Componente limoso
SC		(Finos > 12%)	Componente arcilloso
ML	Limos		Magra (LL<50)
MH			Grasa (LL>50)
CL	Arcillas		Magra (LL<50)
CH			Grasa (LL>50)
OL	Suelos Orgánicos		Magra (LL<50)
OH			Grasa (LL>50)
Pt	Turba	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: Bañón y Beviá (2015). Manual de Carreteras (Vol.2)

Tabla 7. Sistema Unificado de Clasificación.

DIVISIÓN DE MAYOR		GRUPO SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DEL LABORATORIO					
SUELO DE GRANO GRUESO	Mas de la mitad del material es mayor que el tamiz N° 200	GRAVAS (Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor en el tamiz N° 4)	GRAVAL LIMPIA (Poco o ningún Finos)	GW	Grava bien graduada o mezcla de arena y grava. Poco o ningún fino	$C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 4}}{D_{10}}$ $C_u = \frac{(D_3)^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ ente } 1 \text{ y } 3$			
				GP	Grava mal graduada o mezcla de grava y arena Poco o ningún fino				
			GRAVA CON FINAS (Apreciable cantidad de finos)	GM	d		Grava con finos. Grava mal graduado muy limoso.	No reúne los requisitos de granulometría para GW Límites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P mejor de 4 Caso de estar sobre la línea "A" con I.P. entre 4 y 7 estamos en un caso "limite", y usarse los dos símbolos	
					u		Mezcla de grava, arena y arcilla		
			GRAVA CON FINAS (Apreciable cantidad de finos)	GC	Mezcla de graduado de grava, arena y arcilla.		Límites de Atterberg bajo la línea "A" o I.P mayor de 7		
					Excelente aglutinante				
		ARENA (Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	ARENA LIMPIA (Poco o ningún fino)	SW	Arena bien graduada y arena gravilosa. Poco o ningún fino.		$C_u = \frac{D_{60 \text{ mayor que } 6}}{D_{10}}$ $C_u = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ ente } 1 \text{ y } 3$		
					SP			Arena mal graduada. Arena gravilosa. Poco o ningún fino.	
			ARENA CON FINOS (Apreciable)	SM	d			Arena con finos. Arena muy limosa. Mal graduado mezcla arena y arcilla	No reúne los requisitos de granulometría para SW Límites de Atterberg la línea "A" o I.P mejor de 4 Las líneas trazadas en la una rayada con I.P. entre 4 y 7 son casos límites y deben usarse los dos símbolos
					u			Mezcla bien graduada arena y arcilla. Excelente aglutinante	
			ARENA CON FINOS (Apreciable)	SC	Mezcla bien graduada arena y arcilla. Excelente aglutinante				
SUELO DE GRANO	Mas de la mitad del material es menor que el tamiz	LIMO Y ARCILLAS (Limite liquido es menor de 50)	ML	limos inorgánicos y arena muy fina. Polvo roca. Arena fina con ligera plasticidad	Determinar el porcentaje de arena y grava de la curva granulométrica, según el porcentaje de finos (fracción menor que el tamiz N° 200), los suelos de grano grueso y de grano fino se clasifican así: ----- Menos del 5% ----- GW, GP, SW, ----- Menos del 12% ----- GW, GP, SW, ----- 5% al 12% caso limite usar los dos símbolos** -----				
			CL	Arcilla inorgánica de baja o medias plasticidad. Arcilla arenosa. Arcilla gravilosa. Arcilla limosa. Arcilla floja					
			OL	Limos. Orgánico. Limos - arcilla orgánica de baja plasticidad					
		LIMO Y ARCILLAS (Limite liquido es mayor de 50)	MH	Limos inorgánicos, arena fina micáceo o diamatáceo o suelo limoso, suelo elástico					
			CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad. Arcillas grasas					
			OH	Arcilla orgánica de media o alta plasticidad					
		Suelo altamente orgánico	PL	Turba (pect) y otros, materiales altamente orgánicos					

Fuente: Manual Ensayo de Materiales (2016).

Según Braja en su obra Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (2014, p.84):

Para la clasificación adecuada de acuerdo con este sistema, una parte o toda la siguiente información debe conocerse:

- i. Porcentaje de grava, esto es, la fracción que pasa el tamiz de 76.2 mm y retenida en el tamiz número 4 (4.75 mm de apertura).
- ii. El porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa el tamiz número 4 (4.75 mm de apertura) y es retenida en el tamiz número 200 (0.075 mm de apertura).
- iii. El porcentaje de limo y arcilla, esto es, la fracción más fina que el tamiz núm.200 (0.075 mm de abertura).
- iv. El coeficiente de uniformidad (C_u) y el coeficiente de gradación (C_c), de acuerdo a la granulometría del suelo.
- v. El límite líquido y el índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa el tamiz número 40.

b) Método AASHTO

Este método permite clasificar a los suelos en siete grupos en base a la determinación las pruebas realizadas en laboratorio (granulometría, límite líquido y índice de plasticidad); mayormente se utiliza para la construcción de carreteras (ASTM D3282, 2015).

Tabla 8. Sistema de clasificación AASHTO.

Clasificación General	Suelos Granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Más de 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
Clasificación de Grupo	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5	A - 7 - 6
Análisis Granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50										
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite Líquido				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 ^(a)	mín. 11 ^(b)
Tipo de Material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas Limosas o arcillas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno						Regular a insuficiente					

Fuente: Datos tomados del Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos (2014).

2.2.4.2. Propiedades Mecánicas

2.2.4.2.1. Compacidad del suelo

En carreteras una de las propiedades la cual está altamente relacionada con respecto a la resistencia, la deformabilidad y estabilidad es la compacidad, esta propiedad tiene un rol muy importante en el tiempo de vida de una carretera por lo que depende de ello; si el suelo está bien consolidado este no llegará a sufrir asientos o pandeo en el pavimento luego de que se haya iniciado su uso (Bañón y Beviá, 2015).

Los ensayos que abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio son:

a) Proctor Modificado

Indica que este ensayo (MTC - E115) utiliza una energía modificada ($2\,700\text{ KN} - \text{m}/\text{m}^3$ ($56\,000\text{ pie} - \text{lb}/\text{pie}^3$)). Este ensayo permite determinar la relación entre el contenido de agua y Peso Unitario seco de los suelos (Curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg).

Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg.). (M.T.C., 2016, p. 105)

2.2.4.2.2. Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) permiten determinar las características mecánicas de la subrasante; así mismo con los resultados obtenidos a partir de este ensayo, se evaluará el índice de CBR, la cual permitirá verificar si la capacidad de soporte de la subrasante es confiable para soportar las cargas generadas por el tránsito, sin generar daños posteriores a la estructura del pavimento (Bañón y Beviá, 2015).

Para el diseño de un pavimento, primero se evalúa la resistencia que contiene la subrasante o base a las cargas producidas por el tránsito, es por ello que el ensayo California Bearing Ratio (CBR) se ha considerado indispensable para la construcción de obras viales, porque permite obtener parámetros de resistencia (Menéndez, 2009).

Tabla 9. *Categoría de Subrasante.*

Categoría de Sub rasante	CBR
S_0 : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S_1 : Sub rasante Insuficiente	De CBR \geq 3% A CBR < 6%
S_2 : Sub rasante Regular	De CBR \geq 6% A CBR < 10%
S_3 : Sub rasante Buena	De CBR \geq 10% A CBR < 20%
S_4 : Sub rasante Muy Buena	De CBR \geq 20% A CBR < 30%
S_5 : Sub rasante Excelente	CBR \geq 30%

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014).

2.2.5. Estabilización

2.2.5.1. Definición

La estabilización de la subrasante o base, permite el mejoramiento de sus propiedades físicas y mecánicas en estado natural, aplicando los diferentes estabilizadores que se recomiendan en la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (M.T.C., 2014).

Se estabilizarán las zonas que presenten humedad natural mayor a la humedad óptima, suelos blandos y subrasantes que contengan baja capacidad de soporte, utilizando cualquiera de los diferentes tipos de estabilización (cal o cemento, química, geosintéticos, pedraplenes, enrocados, etc.) (M.T.C., 2014).

El suelo llega a variar su volumen (hinchamiento y retracción), de acuerdo a la cantidad del porcentaje de humedad que contiene; más aún si se trata de suelos expansivos dado que este tipo de suelos tienden a encogerse e hincharse al haber cambios de humedad, siendo estos cambios, perjudiciales para la estructura del pavimento ocasionando daños muy severos. Debido a las consecuencias que ocasiona este tipo de suelos es que se recomienda utilizar una estabilización en la que se pueda añadir algún aditivo que permita la impermeabilización estructural (Montejo, 2002).

La importancia de una estabilización de suelo es que permite obtener una capa mejorada, considerándose como función principal una mejor solidez a todas las deflexiones producidas por las cargas de tránsito, generadas en la superficie de la estructura del pavimento (M.T.C.,2008).

2.2.5.2. Tipos de estabilización

2.2.5.2.1. Estabilización mecánica

2.2.5.2.2. Estabilización por calcinación o tratamiento térmico

2.2.5.2.3. Estabilización por drenaje

2.2.5.2.4. Estabilización por combinación

2.2.5.2.5. Estabilización por sustitución de suelos

2.2.5.2.6. Estabilización química

- Estabilización con cal
- Estabilización con cemento
- Estabilización con Asfalto
- Estabilización con Cloruro de Sodio
- Estabilización con Cloruro de Calcio
- Estabilización con Cloruro de Magnesio
- Estabilización con Geosintéticos

2.2.5.3. Estabilización Química de suelos empleando nuevas Tecnologías

2.2.5.3.1. Aditivo PROES

El sistema de pavimentación con Tecnología PROES consiste en la estabilización química de suelos que presentan características de baja capacidad de soporte y que son inestables(arcillas), que luego formarán parte de la estructura de un pavimento. La tecnología PROES nace de un desarrollo conjunto con la empresa de ingeniería PROFUND en el año 1996, con apoyo y reconocimiento de la Corporación de Fomento de Chile, y que se encuentra patentada en Chile, Perú, Colombia, México y otros países en curso. (PROESTECH, 2017, p. 05)

Tiene su fundamento en la interacción de los aditivos químicos y las arcillas presentes en el suelo, creando una reacción que, junto con aumentar su resistencia, mejora su estabilidad frente al agua y mejora su comportamiento frente a las cargas del tránsito. El resultado inmediato es un incremento en la resistencia al corte del suelo (producto de un aumento en la cohesión de las

partículas) y una disminución en la capacidad de absorber aguas de las arcillas, en un ambiente que propicia el intercambio y reacción sin la formación de grietas por retracción (Proestech, 2017).

Este aditivo permite cambiar las propiedades físicas y mecánicas, mejorando el desempeño del suelo y transformando un material de baja calidad en uno apto para su uso en capas estructurales de pavimentos.

Según PROESTECH (2021, p. 01).

El proceso que ocupa para la estabilización es:

- Suelo natural o bases y subbases marginales con contenido de arcillas
- Aditivo Proes
- Cemento Portland TIPO 1 en relativa bajas porciones

Nota: Se puede utilizar otro tipo de cemento, pero se recomienda utilizar ensayos comparativos con cemento Portland Tipo 1, para evaluar técnica y económicamente su conveniencia.

a) Ventajas al utilizar el Aditivo Proes

Según PROESTECH (2021):

El uso de aditivo presenta las siguientes ventajas en comparación con realizar estabilización únicamente con cemento:

- Elimina fisuras por retracción a temprana y larga edad.
- Permite la entrega a tránsito de construcción de forma anticipada. Del mismo modo, también permite la entrega anticipada a tránsito de servicio una vez construida la capa de rodadura (siempre y cuando la carpeta de rodado lo permita).
- Incrementa la estabilidad bajo el agua y otorga mayor resistencia retenida bajo condiciones de saturación.
- Disminuye coeficiente de permeabilidad (impermeabiliza y reduce capilaridad).

b) Como funciona

Cuando se utiliza solo cemento para la estabilización en suelos con contenido de arcilla, se distinguen cuatro reacciones: intercambio catiónico, floculación/conglomeración, reacción de hidratación y reacción puzolánica, pero si añadimos el aditivo Proes, se llega a modificar parcialmente las reacciones del cemento, estas modificaciones son:

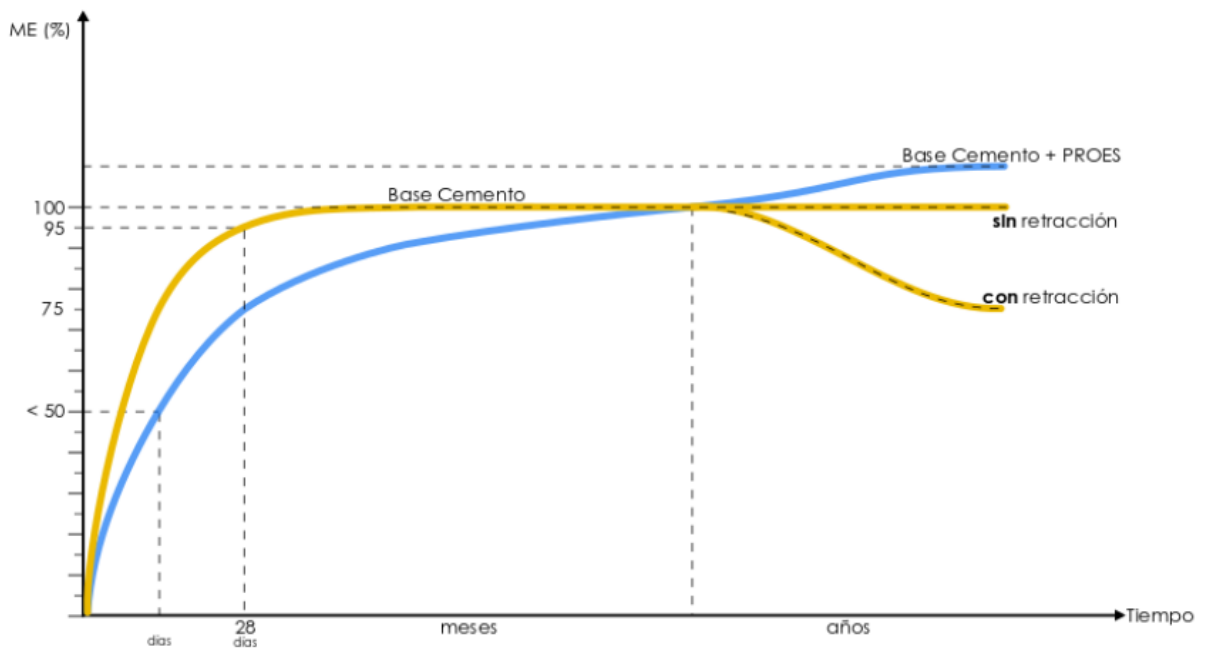
- Favorece el intercambio catiónico, mejorando la trabajabilidad del material (mezclado y homogenización).

- Reduce el efecto de retracción producido por la hidratación, evitando tensiones internas.
- Favorece la disolución del sílice y alúmina contenida en la arcilla, prolongando el tiempo de reacción puzolánica, superando la resistencia que se logra con el cemento sin aditivo.

Nota: Al utilizar el aditivo Proes, se llega a reducir el porcentaje de cemento en la estabilización de suelos con contenido arcilla otorgando mayor resistencia en el largo plazo.

El comportamiento general respecto de las ganancias de resistencia se presenta en la siguiente figura:

Figura 1. Gráfico esquemático de comportamiento del aditivo Proes.



Fuente: PROESTECH,2021.

c) Dosificación del aditivo y Cemento

Para determinar la dosificación que se utilizó en esta investigación, se basó de acuerdo a la cartilla de dosificaciones del aditivo Proes, en la que se tuvo como referencia los resultados obtenidos en los ensayos básicos.

Tabla 10. Cartilla de dosificación del aditivo Proes.

TIPO DE SUELO	PASANTE POR LA MALLA N°200	INDICE DE PLASTICIDAD	DOSIFICACIÓN	
			Aditivo Líquido (Proes)	Aditivo Sólido (Cemento)
Arenas (finas, medias y gruesas)	< 10%	N.P.	Entre 0,22 y 0,30 lt/m3	Entre 40 y 65 Kg/m3
Arcillas	≥ 50%	≥ 15%	Entre 0,22 y 0,33 lt/m3	Entre 30 y 70 kg/m3
Arcilla Expansivas	≥ 70%	≥ 25%	Entre 0,25 y 0,35 lt/m3	Entre 25 y 65 kg/m3 de cal viva
Limos	≥ 50%	≥ 10%	Entre 0,22 y 0,30 lt/m3	Entre 40 y 70 kg/m3
Maicillos (Arena limosa)	< 20%	Varía entre 1% y 10%	Entre 0,25 y 0,30 lt/m3	Entre 40 y 65 kg/m3
Bases estabilizadas	≥ 10% - 12%	≥ 3%	Entre 0,22 y 0,30 lt/m3	Entre 40 y 65 kg/m3
Bases Granulares	< 10%	N. P.	Entre 0,22 y 0,30 lt/m3	Entre 40 y 65 kg/m3

Fuente: Especificaciones técnicas Proes.

d) Procedimiento de mezclado

Según PROESTECH (2021):

Para cada proporción de cemento y aditivo Proes que se estudie, se debe seguir el siguiente procedimiento para preparación de mezcla:

- El porcentaje de cemento se agrega en relación al porcentaje de peso de la muestra suelo a la que se va añadir.
- Se homogeniza la mezcla cemento y suelo; si esta supera la humedad óptima, entonces se pondrá en el horno a secarse.
- Con la ayuda de una jeringa graduada se incorporará el aditivo Proes, además se agrega agua más de 1% a 3% para llegar a la humedad óptima, debido a que habrá variación de humedad al momento que se emplea el cemento.
- Una vez homogenizada la mezcla resultante (Suelo, cemento y aditivo), se deja reposar por 30 minutos antes de iniciar con los ensayos a utilizar.

2.3. Definición de términos básicos

- **Capacidad de soporte:** Es la capacidad que tiene la subrasante de llegar a soportar las cargas verticales transmitidas por el tránsito (Minaya y Ordoñez, 2006).
- **Subrasante:** Se considera a la subrasante como la capa que soporta las cargas que transmite un pavimento, ya que en esta capa se llega a colocar toda la estructura del pavimento (MTC,2014).
- **Estabilización:** La estabilización de la subrasante o base, permite el mejoramiento de sus propiedades físicas en estado natural, aplicando los diferentes estabilizadores que se recomiendan en la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (M.T.C., 2014).
- **Aditivo Proes:** La reacción que se genera al momento de la interacción de los aditivos químicos y las arcillas, se basa en la ionización, ordenamiento y aglomeración de partículas, permitiendo de esa manera que el suelo aumente su resistencia, mejore su estabilidad frente al agua; así como también mejorar su comportamiento frente a las cargas generadas por el tránsito (Proestech, 2017).

3. CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del Proyecto

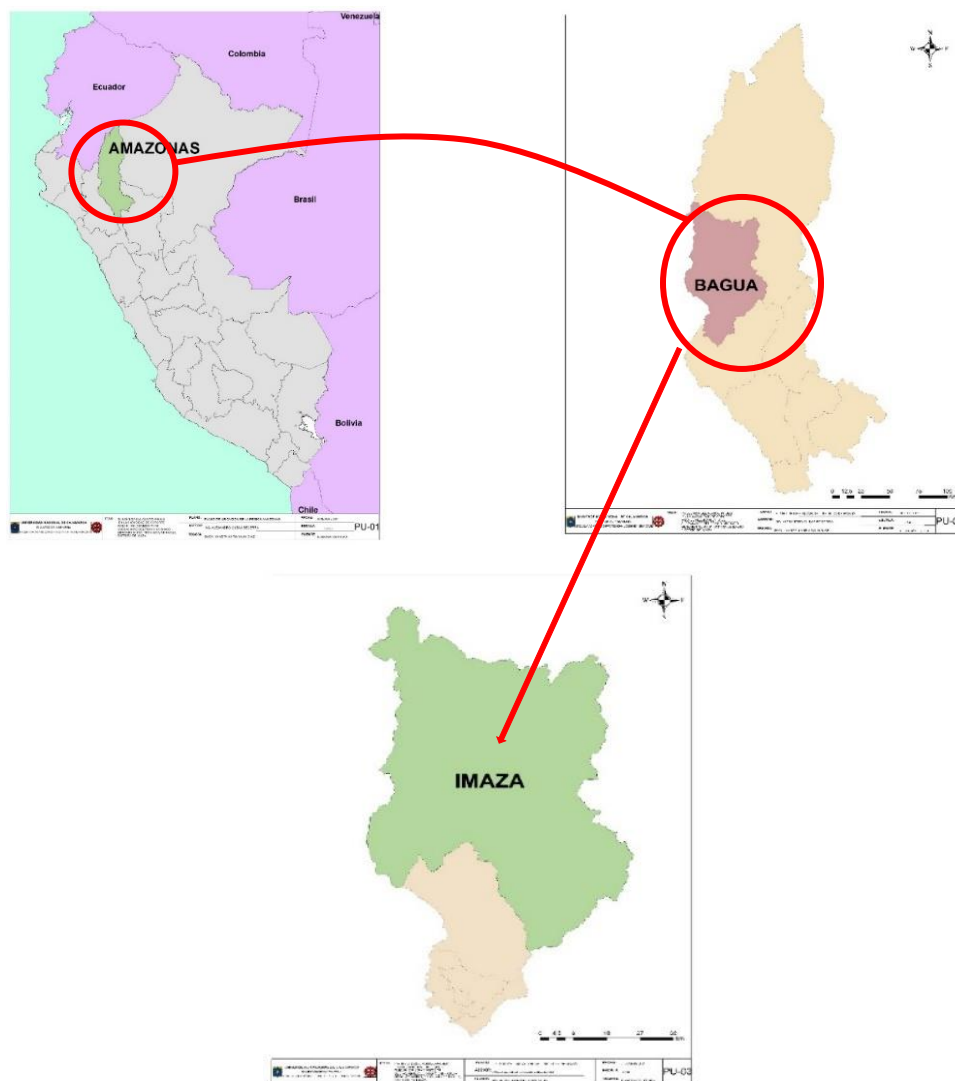
3.1.1. Ubicación Política

Departamento : Amazonas

Provincia : Bagua

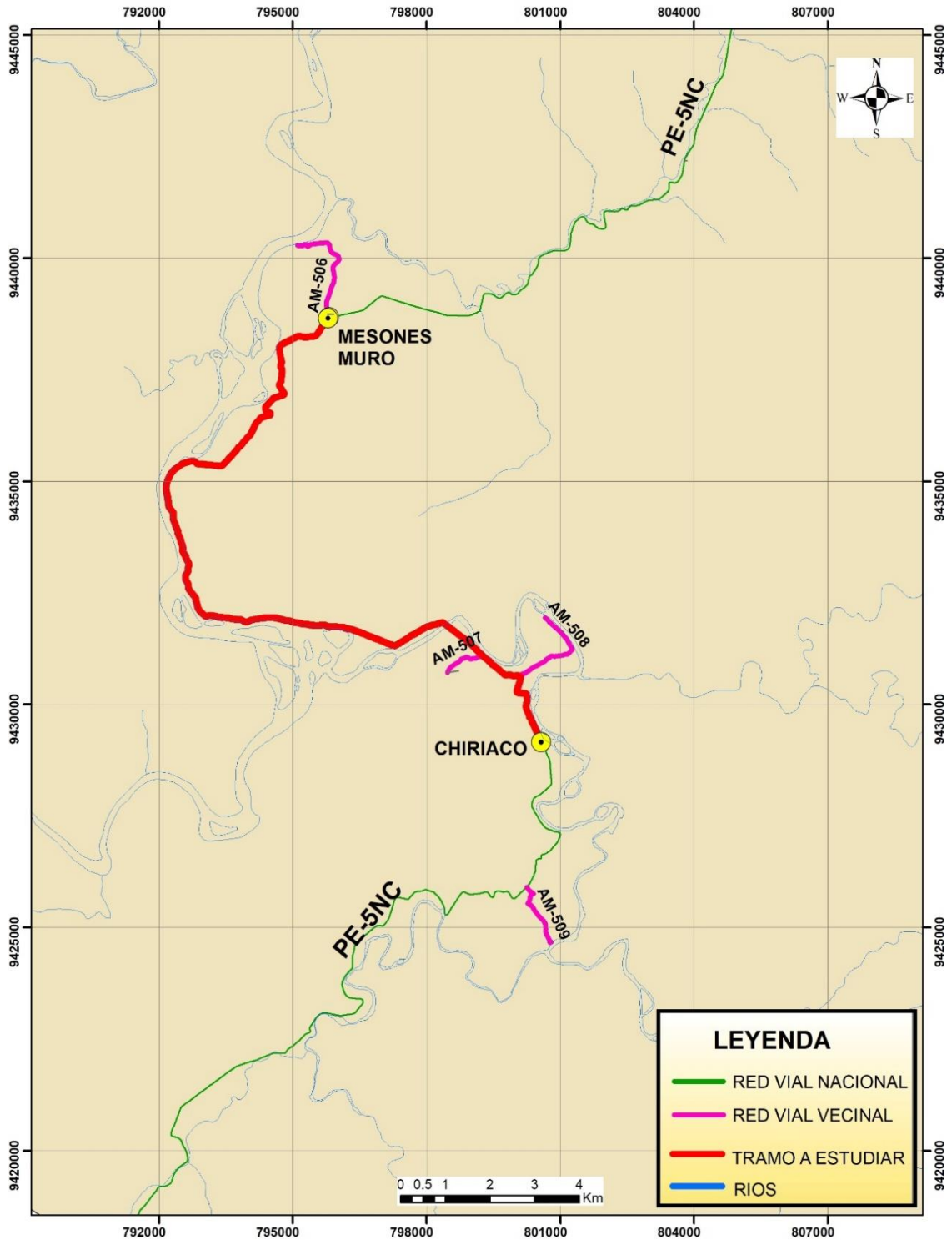
Distrito : Imaza



Figura 2. Ubicación del Departamento de Amazonas, Provincia de Bagua y Distrito de Imaza.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Plano general de ubicación del tramo Chiriaco - Mesones Muro.



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	 TESIS: INFLUENCIA DEL ADITIVO PROES EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE DEL TRAMO CHIRIACO - MESONES MURO, PROVINCIA DE BAGUA, DISTRITO DE INAZA	PLANO: PLANO DE UBICACIÓN DEL TRAMO	FECHA: DICIEMBRE 2021	PU-04
		ASESOR: ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA	ESCALA: 1:100.000	
		TESISTA: BACH. YANETH ANTIA YAUN DIAZ	FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Clima

El tramo Chiriaco Mesones Muro, Pertenece al Distrito de Imaza; el cual presenta una temporada de lluvia entre los meses de octubre, noviembre y diciembre, siendo este último mes en el cual se realizó la toma de muestras, presentado una temperatura mínima de 23° y una máxima de 33°.

3.1.3. Ubicación geográfica

Tabla 11. Ubicación geográfica del tramo Chiriaco - Mesones Muro en coordenadas UTM - geográficas

TRAMO	COORDENADAS UTM WGS-84		COORDENADAS GEOGRÁFICAS – Zona 17		
	NORTE	ESTE	LONGITUD (OESTE)	LATITUD (SUR)	ALTITUD
INICIO	9431944.00	793532.00	78° 21' 00''	05° 07' 48'	273 msnm
FIN	9438554.00	795701.00	78° 19' 48''	05° 07' 48''	271 msnm

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Tiempo o época de la investigación

Esta investigación se realizó en el mes de diciembre del 2021 donde se ejecutaron las calicatas y se realizaron los ensayos para determinar la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chiriaco – Mesones Muro, distrito de Imaza, departamento de Amazonas.

3.3. Definición de Variables

Variable Independiente

- Porcentaje de Aditivo Proes

Variable Dependiente

- Capacidad de Soporte de la Subrasante

3.4. Operacionalización de variables

Tabla 12. Operacionalización de variables.

Variables	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Aditivo Proes	Estabilizador para aumentar la capacidad de soporte juntamente con el estabilizador sólido que es el cemento Portland Tipo I.	Dosificación	Se hará con diferentes diseños de mezclas, pero basándose con el mínimo de dosificación según las especificaciones técnicas del aditivo Proes	Proes (lt/m^3) + Cemento Portland tipo I (Kg/m^3)
Capacidad de Soporte de la Subrasante	Para analizar las propiedades físicas-mecánicas de la subrasante primero se tendrá que extraer las muestras por medio de las calicatas que se harán en dicho tramo, luego se llevarán dichas muestras al laboratorio para que sean sometidos a un estudio técnico y de esa manera realizar los ensayos. En este estudio lo primero que se hará es identificar sus propiedades físicas - mecánicas en estado natural para verificar si cumple la capacidad de soporte de la subrasante según las normas y luego se aplicará el aditivo en el ensayo (CBR) para ver de esa manera cual es el comportamiento del suelo cuando ya se añade el aditivo.	Propiedades Físicas	Análisis granulométrico por tamizado	Porcentajes
			Límite de Consistencia	Porcentaje
			Contenido de Humedad	Porcentajes
			Clasificación de suelos SUCS	Tablas de clasificación
			Clasificación de suelos AASHTO	Tablas de clasificación
		Propiedades Mecánicas	California Bearing Ratio (CBR)	Porcentajes
			Proctor Modificado	gr /cm ³

Fuente: Elaboración propia.

3.1. Matriz de consistencia

Tabla 13. Matriz de consistencia.

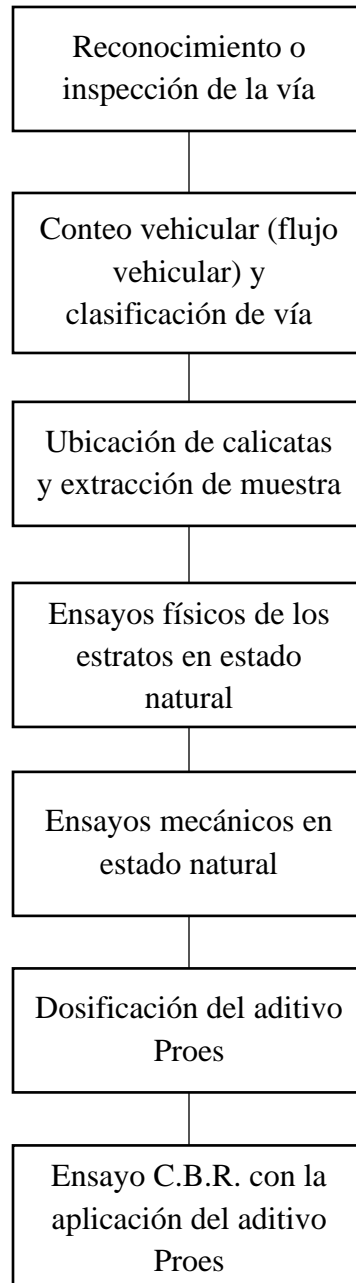
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente		
¿Cuál es la influencia del aditivo Proes en la capacidad de Soporte de la subrasante del tramo Chiriaco – Mesones Muro?	Determinar la influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de la subrasante del tramo Chiriaco – Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza.	La adición del aditivo Proes mejorará la capacidad de soporte de la subrasante el tramo Chiriaco-Mesones Muro en un 30 %.	Aditivo Proes	La investigación es de tipo Aplicada(experimental), nivel de investigación aplicativo, el diseño es experimental-cuantitativa-prospectiva-transversal y el método utilizado es el hipotético deductivo.	<p>Población La red vial PE-5NC que es una ruta de categoría Nacional y comprenden los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Loreto.</p> <p>Muestra El Tramo del Centro poblado de Chiriaco - Mesones Muro del Distrito de Imaza.</p>
	Objetivo Específico	Hipótesis Específica	Variable Dependiente		
	<p>- Determinar las propiedades Físico – Mecánicas de la subrasante del tramo Chiriaco -Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito e Imaza antes de la aplicación del Aditivo Proes.</p> <p>- Determinar si la aplicación del aditivo Proes mejora la categoría de Subrasante del tramo Chiriaco -Mesones Muro, Provincia de Bagua, distrito de Imaza.</p>	- La influencia del Aditivo Proes mejorará capacidad de soporte de la subrasante del tramo Chiriaco – Mesones Muro, Provincia de Bagua al aplicar en el ensayo Valor Relativo de Soporte (CBR).	Capacidad de soporte de la Subrasante		

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Procedimiento

El procedimiento relacionado en esta investigación se detalla a continuación:

Figura 4. Esquema de los procedimientos realizados para la evaluación de la capacidad de soporte de la subrasante.



Fuente: Elaboración propia

Descripción concisa y desarrollo de los procesos para la evaluación de la capacidad de soporte de la subrasante.

3.2.1. Reconocimiento o inspección de la vía

Para iniciar con el desarrollo de la investigación, se realizó la inspección de la vía, observando los problemas que presentan a lo largo de la superficie de la vía a estudiar.

3.2.2. Cuento vehicular (flujo vehicular) y clasificación de vía

3.2.2.1. Estudio de Tránsito

Luego de observar las condiciones en la que se encuentra la vía a estudiar; se inició con el estudio de tránsito, considerándose como punto de estación el centro poblado de Mesones Muro, en la cual se contabilizaron los vehículos que pasan a diario por el tramo Chiriaco – Mesones Muro.

A continuación, se presenta el resumen de los conteos de tránsito realizados durante la semana.

Tabla 14. Resumen de conteo vehicular.

Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Automóvil + station wagon	73	63	61	54	81	54	22
Camioneta(Pickup/panel)	65	66	50	38	72	61	36
Combi rural	55	38	32	41	60	33	28
Bus 2E	2	6	4	2	4	2	2
Bus 3E	2	4	4	2	2	2	2
Camion 2E	6	4	3	7	13	12	8
Camión 3E	12	6	3	6	11	8	5
Camión 4E	4	2	2	3	5	6	4
SEMI TRAILER T2S2	2	3	2	2	2	4	4
SEMI TRAILER T2S3	3	4	2	1	3	1	3
SEMI TRAILER T3S3	2	3	2	3	2	3	3
TOTAL	226	199	165	159	255	186	117

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el cálculo de Índice Medio Diario Semanal, con la ayuda del conteo de vehículos

3.2.2.2. Cálculo de IMDs

El IMDs representa el índice Medio Diario semanal o Promedio de tráfico Diario Semanal

$$IMDs = \frac{\sum VD}{7} \quad (6)$$

Donde:

IMDs: Índice Medio Diario Semanal

$\sum VD$: Sumatoria de la cantidad de vehículos registrados a diario.

Tabla 15. Cálculo del IMDs.

Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	IMDs
Vehículos livianos								
Automovil + station wagon	73	63	61	54	81	54	59	63.571429
Camioneta(Pickup/panel)	65	66	50	38	72	61	66	59.714286
Combi rural	55	38	32	41	60	33	28	41
Vehículos pesados								
Bus 2E	2	6	4	2	4	2	2	3.1428571
Bus 3E	2	4	4	2	2	2	2	2.5714286
Camion 2E	6	4	3	7	13	12	8	7.5714286
Camión 3E	12	6	3	6	11	8	5	7.2857143
Camión 4E	4	2	2	3	5	6	4	3.7142857
SEMI TRAILER T2S2	2	3	2	2	2	4	4	2.7142857
SEMI TRAILER T2S3	3	4	2	1	3	1	3	2.4285714
SEMI TRAILER T3S3	2	3	2	3	2	3	3	2.5714286
TOTAL								196

Fuente: Elaboración Propia.

Al realizar los cálculos para hallar el Índice Medio Diario Semanal, se obtuvo un total de 196 vehículos.

3.2.2.1. Factor de Corrección estacional

Dado que el flujo vehicular se ha realizado en 7 días y en un determinado momento para así estimar el comportamiento anual del tránsito (IMDa), es necesario usar factores de corrección que permitan expandir el volumen de esa muestra al año.

Siendo el Peaje Utcubamba el más cercano al tramo a estudiar se considera los siguientes factores de corrección:

$$Fe (\text{Liviano}) = 1.2615352$$

$$Fe (\text{pesado}) = 1.1972173$$

3.2.2.1. Cálculo del IMDa

$$IMDa = IMDs * Fe (\text{ligero})$$

$$IMDa = IMDs * Fe (\text{pesado})$$

Tabla 16. Cálculo de IMDa.

Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	IMDs	IMDa	TOTAL VEH. 2022
Vehículos livianos										
Automovil + station wagon	73	63	61	54	81	54	59	63.571429	80.197596	80
Camioneta(Pickup/panel)	65	66	50	38	72	61	66	59.714286	75.331675	75
Combi rural	55	38	32	41	60	33	28	41	51.722944	52
Vehículos pesados										
Bus 2E	2	6	4	2	4	2	2	3.1428571	3.7626829	4
Bus 3E	2	4	4	2	2	2	2	2.5714286	3.0785588	3
Camión 2E	6	4	3	7	13	12	8	7.5714286	9.0646453	9
Camión 3E	12	6	3	6	11	8	5	7.2857143	8.7225832	9
Camión 4E	4	2	2	3	5	6	4	3.7142857	4.4468071	4
SEMI TRAILER T2S2	2	3	2	2	2	4	4	2.7142857	3.2495898	3
SEMI TRAILER T2S3	3	4	2	1	3	1	3	2.4285714	2.9075277	3
SEMI TRAILER T3S3	2	3	2	3	2	3	3	2.5714286	3.0785588	3
TOTAL								196	235	246

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos del factor de corrección, se calculó el Índice Medio Diario Anual con 246 vehículos.

3.2.2.2. Clasificación de vía

Por su jerarquía: Red Vial Nacional

Por su demanda: Carretera de tercera clase

Por su orografía:

- Progresiva: 113+000Km – 117+000Km orografía tipo 03.
- Progresiva: 117+000Km – 123+000Km orografía tipo 02.

En el estudio de tránsito realizado en el tramo Chiriaco – Mesones Muro, arrojó como resultado en los cálculos de IMDa (Índice Medio Diario Anual) un total de 246 vehículos y según el manual de carreteras diseño geométrico, el tramo de la carretera en estudio es una carretera de tercera clase.

Tabla 17. *Tipo de carretera según el IMDa.*

IMDa	TIPO DE CARRETERA
IMDa > 6000 veh/día	Autopista de Primera Clase
6000 > IMDa > 4001 veh/día	Autopista de Segunda Clase
4000 > IMDa > 2001 veh/día	Carretera de Primera Clase
2000 > IMDa > 400 veh/día	Carretera de Segunda Clase
400 > IMDa > 200 veh/día	Carretera de Tercera Clase
IMDa ≤ 200 veh/día	Carretera de Bajo Volumen de tránsito

Fuente: Elaboración propia

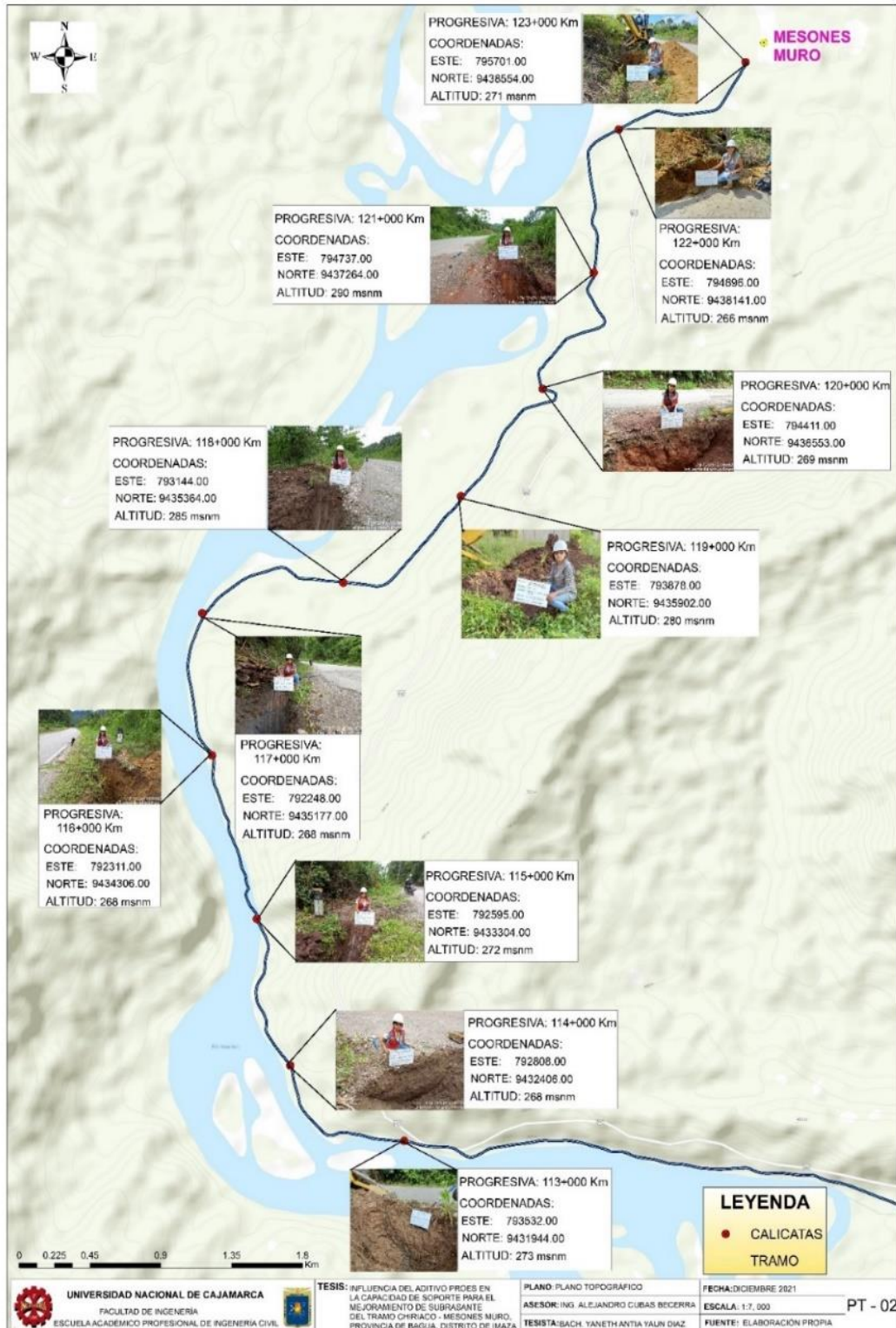
3.2.3. Ubicación de las calicatas y extracción de muestras

Las calicatas se realizaron en el tramo de progresivas 113+000Km – 123+000Km.

Según el Manual de Carreteras suelos, Geotécnica y pavimentos (2014), para determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de calicatas a una profundidad mínima de 1.50 m y la cantidad de calicatas por kilómetro se tendrá en cuenta al tipo de carretera.

Considerándose el tramo a estudiar como carretera de tercera clase y para ello según el Manual Carreteras suelos, Geotécnica y pavimentos se debe realizar 2 calicatas por Kilómetro, pero en esta investigación se ejecutó 1 calicata por Kilómetro; se realizaron las calicatas, extrayendo los diferentes estratos encontrados en ello.

Figura 5. Ubicación de las calicatas.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.4. Ensayos físicos de los estratos en estado natural

Para determinar las propiedades físicas, utilizó la norma Ensayo de Materiales - MTC; estos ensayos son:

3.2.4.1. Contenido de humedad

Para este ensayo se tomó como referencia a la norma MTC E 108.

Se realizó un cuarteo manual de la muestra extraída en campo para proceder a colocar en un recipiente tomando como mínimo los especímenes de ensayos indicadas en la norma MTC 108 para colocar en horno a una temperatura de 110° C; procediendo a registrar la masa de la muestra seca.

3.2.4.2. Análisis Granulométrico de Suelo por Tamizado

Se realizó un cuarteo manual de la muestra, para según su tamaño máximo de la misma; escoger la masa mínima requerida por la norma MTC E 107 en estado seco, procediendo a ello se realizó un análisis granulométrico por tamizado de forma fraccionada siendo el tamiz separador la malla N° 4, para proceder a lavar la grava por este tamiz; la arena y finos pasante por la malla N° 4 se lavaron por la malla N° 200.

Posteriormente se secó en horno a una temperatura de 110°C \pm 5°; luego del secado iniciar con el tamizado de la fracción gruesa por las mallas 3'', 2 1/2'', 2'', 1 1/2'', 1'', 1/2'', 3/8'', 1/4'' y N° 4 y la fracción fina por las mallas N° 6, N° 8, N° 10, N° 16, N° 20, N° 30, N° 40, N° 50, N° 60, N° 80, N° 100 y N° 200; para luego ser pesados.

3.2.4.3. Límite de Atterberg.

Límite líquido: Con la ayuda de la normativa MTC E 110 de Ensayo de Materiales, se obtiene un espécimen de ensayo de 150g a 200g pasante la malla N° 40, dicho espécimen se mezcla con agua destilada, ajustando el contenido de agua del suelo para luego llevarlo a una consistencia entre 25 a 35 golpes para cerrar la ranura antes formada por el acanalador; culminado ese procedimiento se cubre para prevenir la pérdida de humedad y se deja saturar por lo menos 16 horas.

Preparado el suelo, se procede a realizar el ensayo por el método multipunto que consiste en encontrar un punto en cada uno de los siguientes intervalos 25 a 35, 20 a 30 y 15 a 25, para formar con ello una línea de tendencia que intersecte a la recta de 25 golpes, la cual nos determina el límite líquido.

En cada punto se utiliza la cuchara de casa grande colocando sobre esta el espécimen de ensayo la cual con la ayuda de un acanalador se corta en la mitad dejando un espacio entre estas en la superficie de la cuchara para proceder a dar golpes a una velocidad de 2 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm, con el ancho de una espátula de $\frac{3}{4}$ " se toma una fracción de la muestra en la parte donde llegó a unirse ambas mitades, se registra la masa húmeda para luego colocarlo al horno y finalmente registrar la masa seca de la muestra; procediendo a los cálculos respectivos.

A medida que la cantidad de golpes van disminuyendo aumenta el contenido de agua presente en dicha pasta, es una relación indirectamente proporcional.

Límite plástico: Con la ayuda de la normativa MTC E 111 de Ensayo de Materiales, se considera 20g de la misma pasta antes saturada, para tomar de esta porciones de 1.5g a 2.0g, formando una masa de forma elipsoidal con el espécimen de ensayo; enrollamos la masa en la placa de un vidrio con la presión necesaria hasta un diámetro de 3.2 mm, si dicho hilo no llega a formar fisuras cuando llega al diámetro antes mencionado, a dicho hilo se volverá a formar una masa elipsoidal para volver a realizar el enrollado, todo aquello las veces necesarias hasta que dicho cilindro presente fisuras al ser llevadas al diámetro de 3.2mm. Luego se reúne las porciones del hilo agrietado y se coloca en un recipiente, considerándose no menor de 6 gramos de masa.

3.2.5. Ensayos mecánicos en estado natural

Para realizar el ensayo de Proctor modificado y CBR, en esta investigación se analizó los resultados de los ensayos de Límites de Atterberg y granulometría; dado que los estratos que contienen menos grava y un alto IP se consideran bajo porcentaje de CBR; lo que conlleva a una subrasante inadecuada y no apta para el diseño de un pavimento.

En el análisis de los resultados de dichos ensayos mencionados anteriormente, se concluye que las calicatas que serán evaluadas con el ensayo de Proctor modificado, CBR y con la aplicación del aditivo son las calicatas C-2, C-4, C-7 y C-9; así mismo en la Tabla 10 se puede apreciar los diferentes tipos de suelos que se puede estabilizar con el aditivo Proes, siendo las calicatas mencionadas anteriormente aptas para la aplicación de este aditivo.

A continuación, se procede a evaluar sus propiedades mecánicas:

3.2.5.1. Proctor Modificado

Con el análisis granulométrico antes realizado se procede a clasificar o determinar el método de Proctor a seguir, siendo esto método A, B o C. En esta investigación se determinó que el método a utilizar es el Método A para todas las muestras.

Se procede a tamizar la muestra en estado natural por el tamiz indicado en el método de Proctor modificado a utilizar; en este caso la malla N° 4, será necesario dejar secar al ambiente si no permite dicho tamizado y así obtener una mejor curva de compactación. Realizado el tamizado se toma 4 muestras de 2.5 kg cada una de estas, para proceder agregarle distintas cantidades de agua que difieran en un rango máximo de 2%, con la cual cada una de estas se compacta en 5 capas de 25 golpes cada una, utilizando el pisón manual de compactación señalado en norma; procediendo luego a enrasar el molde y determinar la masa húmeda de cada muestra estudiada, se extrae una porción representativa del espécimen para determinar el contenido de humedad; luego realizar los cálculos respectivos, para determinar el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca compactada.

3.2.5.2. California Bearing Ratio (CBR)

Determinado el contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca compactada, se procede a evaluar el CBR natural del suelo para el cual se toma 3 muestras de 6 Kg, para agregarles el contenido óptimo de humedad determinado a cada una de estas y compactarlas en 5 capas difiriendo la cantidad de golpes dadas a cada una de las muestras, siendo 12, 25 y 56 golpes respectivamente. Posteriormente se coloca pesas sobre la superficie compactada y con la ayuda de un deformímetro de expansión graduado desde cero se mide la expansión inicial del espécimen; luego se sumerge el molde en un tanque de agua constante, dejando a que se sature 96 horas (4 días), realizando las medidas de expansión cada 24 horas y finalmente se procede al ensayo de penetración.

3.2.6. Dosificación del aditivo Proes

El aditivo Proes se utilizará conjuntamente con un aditivo sólido que en este caso se consideró el cemento (Portland Tipo I), este es un conglomerante que tiende a flocular las partículas de los suelos al ser combinadas, conllevando a la separación del agua existente y el suelo.

Para la dosificación del aditivo proes se tuvo en cuenta la cartilla de dosificaciones para el aditivo Proes (ver Tabla. 10), en esta cartilla se detalla que el cemento se puede utilizar en cualquier tipo de suelo excepto en arcillas expansivas que para este caso se utilizaría el aditivo sólido cal.

3.2.6.1. Cálculo Porcentaje de Cemento

Para el cálculo de la cantidad de cemento se utilizó la Ecuación 7.

$$Cantidad\ de\ cemento\ (g) = \frac{Espécimen\ de\ ensayo(g)}{MDS\ \left(\frac{Kg}{m^3}\right)} * cemento\ \left(\frac{kg}{m^3}\right) \quad (7)^1$$

Donde:

MDS: Máxima Densidad Seca

Para calcular el porcentaje de cemento que se añadirá en dicha cantidad de masa de espécimen de ensayo, se dividirá el resultado obtenido de la Ec. 07 y el espécimen de ensayo (Proctor)

$$Procentaje\ de\ cemento\ (\%) = \frac{Cantidad\ de\ cemento\ (g)}{Espécimen\ de\ ensayo\ (g)} * 100 \quad (8)^2$$

Realizando los cálculos respectivos se obtienen los resultados, detallados en la siguiente tabla:

Tabla 18. Porcentaje de cemento a utilizar.

CALICATA	ESPÉCIMEN DE ENSAYO (g)	CEMENTO (kg/m3)	PROCTOR MDS (kg/m3)	CEMENTO (g)	CEMENTO (%)
C2	6000	50	2002	149.85	2.50
C4	6000	50	1850	162.16	2.70
C7	6000	50	1715	174.93	2.92
C9	6000	50	1792	167.41	2.79

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6.2. Cálculo de dosificación de Aditivo

Con la ayuda de la tabla dosificación (ver Tabla 10) y teniendo como datos el pasante por la malla N° 200, índice de plasticidad y Proctor modificado, se procede realizar los cálculos respectivos para determinar las dosificaciones a utilizar de cemento y aditivo Proes que se va añadir a cada una de los especímenes.

¹ Ecuación obtenida de la tesis Aplicación de los aditivos Proes y Conaid para mejorar la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante en la vía de accesos al C.P. Barranza, Laredo, La Libertad – 2018, pág. 150.

² Ecuación deducida en porcentaje a partir de la Ec. 07.

De acuerdo a la tabla dosificación (ver Tabla 10) se realizaron 4 dosificaciones del aditivo Proes 0.22 lt/m³, 0.26 lt/m³, 0.30 lt/m³ y 0.34 lt/m³; realizando los cálculos con las siguientes fórmulas:

$$\text{Aditivo Proes (ml)} = \left(\frac{\text{Espécimen de ensayo (kg)}}{\text{MDS} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} * \text{Aditivo} \left(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3} \right) \right) * 1000 \quad (9)^3$$

Realizando los cálculos respectivos se obtienen los resultados, detallados en la siguiente tabla:

Tabla 19. Dosificación de la calicata 2.

CALICATA	ESP. ENSAYO (kg)	ADITIVO (lt/m ³)	PROCTOR (kg/m ³)	CANTIDAD (ml)
C2	6.00	0.22	2002	0.66
	6.00	0.26		0.78
	6.00	0.30		0.90
	6.00	0.34		1.02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Dosificación de la calicata 4.

CALICATA	ESP. ENSAYO (kg)	ADITIVO (lt/m ³)	PROCTOR (kg/m ³)	CANTIDAD (ml)
C4	6.00	0.22	1850	0.71
	6.00	0.26		0.84
	6.00	0.30		0.97
	6.00	0.34		1.10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Dosificación de la calicata 7.

CALICATA	ESP. ENSAYO (kg)	ADITIVO (lt/m ³)	PROCTOR (kg/m ³)	CANTIDAD (ml)
C7	6.00	0.22	1715	0.77
	6.00	0.26		0.91
	6.00	0.30		1.05
	6.00	0.34		1.19

Fuente: Elaboración propia.

³ Ecuación obtenida de la Tesis: Aplicación de los aditivos Proes y Conaid para mejorar la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P. Barranza, Laredo, La Libertad – 2018, pág. 150.

Tabla 22. *Dosificación de la calicata 9.*

CALICATA	ESP. ENSAYO (kg)	ADITIVO (lt/m ³)	PROCTOR (kg/m ³)	CANTIDAD (ml)
C9	6.00	0.22	1792	0.74
	6.00	0.26		0.87
	6.00	0.30		1.00
	6.00	0.34		1.14

Fuente: Elaboración propia.

3.2.7. Ensayo California Bearing Ratio (CBR) aplicación del aditivo Proes.

Con las dosificaciones calculadas en ml (ver Tabla 19, 20, 21 y 22); a continuación, se detallará el procedimiento que se debe hacer para la aplicación del aditivo en el ensayo de CBR:

Se empleará 3 muestras de 6 kg teniendo que realizar el mezclado del suelo natural con el cemento; la cantidad de aditivo Proes antes calculada se diluyó en la cantidad de agua determinada con el óptimo contenido de humedad encontrada en el Proctor modificado realizado anteriormente; esta mezcla de agua y aditivo Proes se vierte sobre la combinación suelo-cemento, mezclando hasta obtener una humedad uniforme; para luego realizar el mismo procedimiento de compactación señalado en el CBR natural.

3.3. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados

3.3.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

La investigación es de tipo Aplicada(experimental), el método utilizado es el hipotético deductivo.

3.3.2. Población

Ruta PE-5NC, perteneciente al eje vial 04 que es una carretera Nacional.

3.3.3. Muestra

Tramo Centro poblado de Chiriaco - Mesones Muro del Distrito de Imaza.

3.3.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas:

Observación. Se llegó a observar el estado actual de la carretera a estudiar.

Ensayos de laboratorio. Se recolectó las muestras de cada calicata, realizando los ensayos necesarios para determinar las propiedades físicas – mecánicas de los estratos.

Instrumentos:

- Formatos para el conteo de vehículos.
- Formatos para análisis de propiedades físicas mecánicas.
- Manual de carreteras suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos
- Norma MTC para realizar los ensayos correspondientes.

Equipos:

- Wincha para medir la profundidad de las calicatas.
- G.P.S. Garmin
- Cámara fotográfica
- Pizarra, etc.

3.3.4. Presentación de resultados**3.3.4.1. Resultados de los ensayos para determinar las propiedades físicas****3.3.4.1.1. Ensayo de Contenido de Humedad**

Este ensayo fue desarrollado mediante la Norma de Ensayos de Materiales, y los resultados son los que se muestran a continuación:

Tabla 23. Resultados del ensayo de contenido de humedad.

Calicata	C-1		C-2			C-3		C-4		C-5			C-6		C-7		C-8		C-9			C-10		C-11	
Progresiva	113+000		114+000			115+000		116+000		117+000			118+000		119+000		120+000		121+000			122+000		123+000	
Estrato	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2
C.H. (%)	26.9	6.2	10.6	4.2	21.2	12.1	12.3	20.9	19.6	15.2	16.7	22.9	23.6	16.9	26.9	29.6	22.3	20.4	31.4	25.3	23.5	9.5	17.2	16.7	15.3

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.1.1. Análisis granulométrico

Con la ayuda de este ensayo se podrá determinar el método a seguir para el Proctor Modificado. A continuación, se presenta los resultados del análisis granulométrico:

Tabla 24. Resultados del ensayo granulométrico por tamizado.

Calicata	C-1		C-2			C-3		C-4		C-5			C-6		C-7		C-8		C-9			C-10		C-11		
Progresiva	113+000		114+000			115+000		116+000		117+000			118+000		119+000		120+000		121+000			122+000		123+000		
Estrato	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2	
% Rete.	3" - N° 4	5.94	71.44	4.95	64.72	0.1	17.46	31.16	2.16	2.8	43	43.2	18.55	7.48	32.71	0.39	0.95	10.16	10.51	3.34	0.03	0.01	61.29	0.01	29.11	0.01
	N°4- N°200	9.93	22.72	57.55	30.8	2.35	43.57	33.36	50.43	56.45	18.73	18.79	31.26	48.83	43.04	27.65	28.18	37.17	42.61	18.31	16.34	53.55	28.78	75.75	27.4	91.33
	< N° 200	84.13	5.84	37.5	4.48	97.55	38.97	35.48	47.41	40.75	38.27	38.01	50.19	43.69	24.25	71.96	70.87	52.67	46.88	78.35	53.63	46.44	9.93	24.24	43.49	8.66

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.4.1.1. Límite de Atterberg.

Con los resultados obtenidos del ensayo de L.L. y L.P., se podrá determinar el Índice de Plasticidad, la cual nos servirá como dato importante para el cálculo de la dosificación del aditivo Proes y el cemento. A continuación, se presenta los resultados de los ensayos de Límite Líquido y Límite Plástico:

Tabla 25. Resultados del límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad.

Calicata	C-1		C-2			C-3		C-4		C-5			C-6		C-7		C-8		C-9			C-10		C-11	
Estrato	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2
Progresiva	113+000		114+000			115+000		116+000		117+000			118+000		119+000		120+000		121+000			122+000		123+000	
L.L. (%)	47	0	21	0	46	22	23	35	30	36	36	35	29	0	36	40	32	31	49	35	34	0	0	36	0
L.P. (%)	22	0	13	0	23	13	13	21	19	23	23	23	20	0	22	24	13	23	30	23	22	0	0	21	0
I.P. (%)	25	0	8	0	23	9	10	14	11	13	13	12	9	0	14	16	19	8	19	12	12	0	0	15	0

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.1. Clasificación SUCS Y AASHTO

Mediante los resultados obtenidos de los ensayos que se muestran anteriormente se clasifican por el método AASHTO y SUCS.

Tabla 26. Clasificación SUCS y AASHTO.

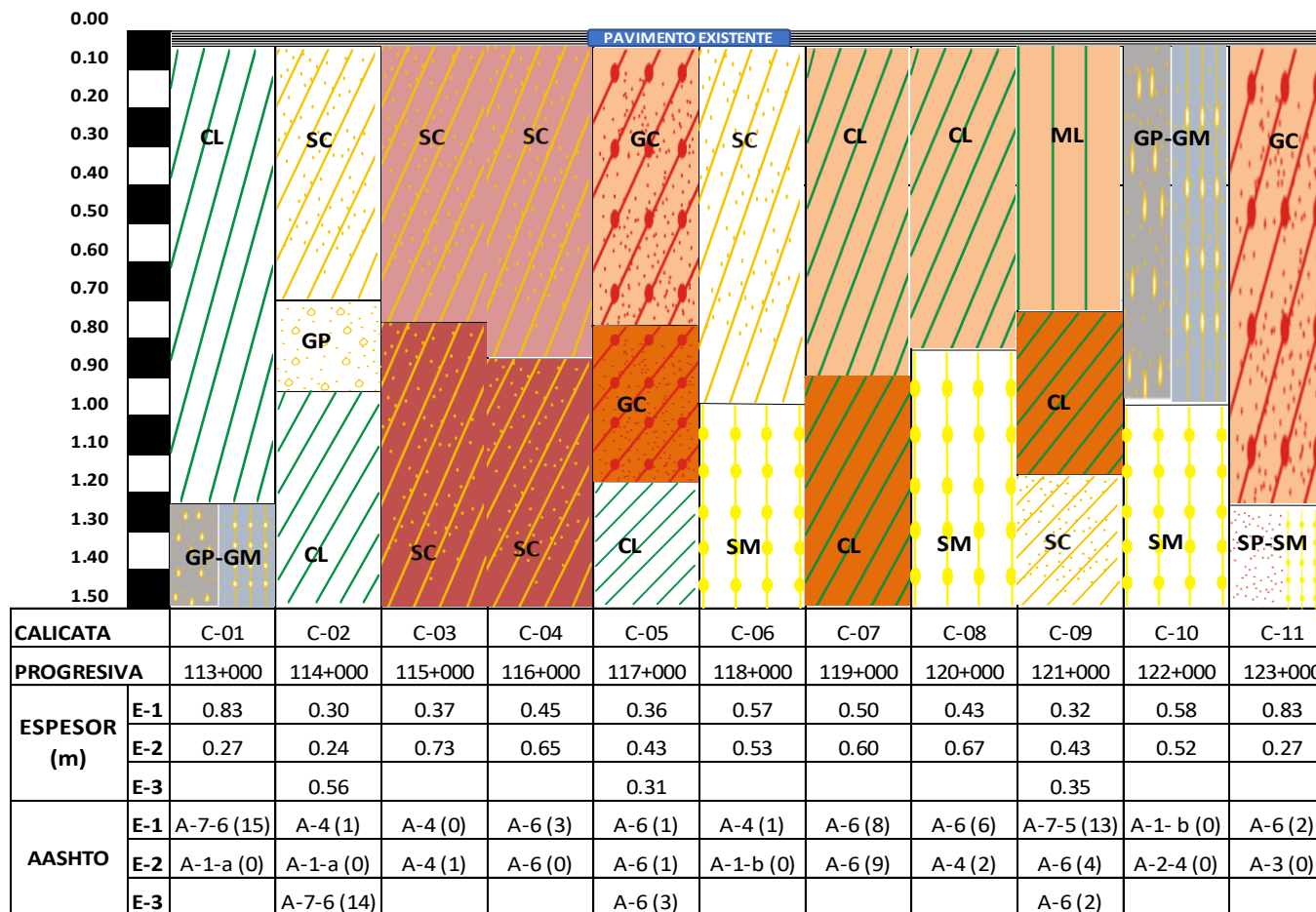
Calicata	C-1		C-2			C-3		C-4		C-5			C-6		C-7		C-8		C-9			C-10		C-11	
Progresiva	113+000		114+000			115+000		116+000		117+000			118+000		119+000		120+000		121+000			122+000		123+000	
Estrato	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-1	E-2
ASSHTO	A-7-6	A-1-a	A-4	A-1-a	A-7-6	A-4	A-4	A-6	A-6	A-6	A-6	A-6	A-4	A-1-b	A-6	A-6	A-6	A-4	A-7-5	A-6	A-6	A-1-b	A-2-4	A-6	A-3
SUCS	CL	GP-GM	SC	GP	CL	SC	SC	SC	SC	GC	GC	CL	SC	SM	CL	CL	CL	SM	ML	CL	SC	GP-GM	SM	GC	SP-SM

Fuente: Elaboración propia

3.3.4.1. Perfil estratigráfico y estructura del pavimento.

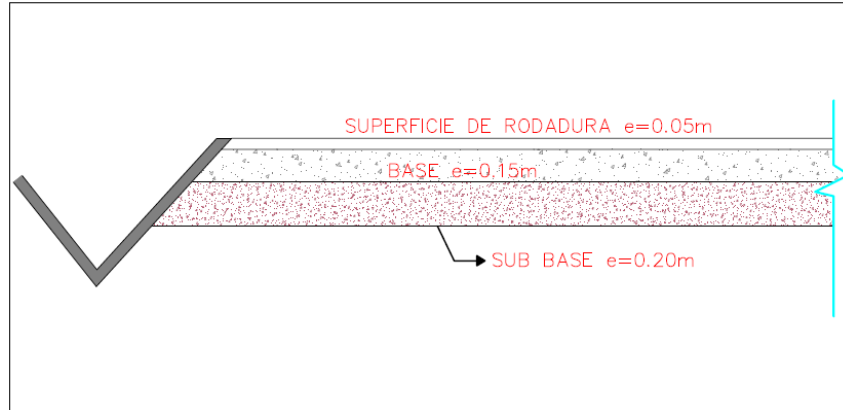
El perfil estratigráfico se elabora de acuerdo a los diferentes estratos encontrados en las calicatas que se ejecutaron en el trayecto de la vía a estudiar; a continuación, se muestra el esquema estratigráfico de todas las calicatas:

Figura 6. Esquema estratigráfico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Estructura del Pavimento.



Fuente: Expediente técnico.

3.3.4.2. Resultado de los ensayos para determinar las propiedades Mecánicas

3.3.4.2.1. Proctor Modificado

Mediante este ensayo se determinó la Máxima Densidad Seca y el contenido de humedad óptima; la cual dichos resultados se utilizarán para realizar el ensayo de CBR.

Tabla 27. Resultados del ensayo Proctor Modificado.

Calicata	Estrato	Progresiva (Km)	Método	Densidad Máxima Seca (gr/cm ³)	Contenido de Humedad Óptima (%)
C-2	E-1	114+000	A	2.002	11.63
C-4	E-1	116+000	A	1.850	15.42
C-7	E-1	119+000	A	1.715	19.28
C-9	E-1	121+000	A	1.792	18.47

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.2.2. Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

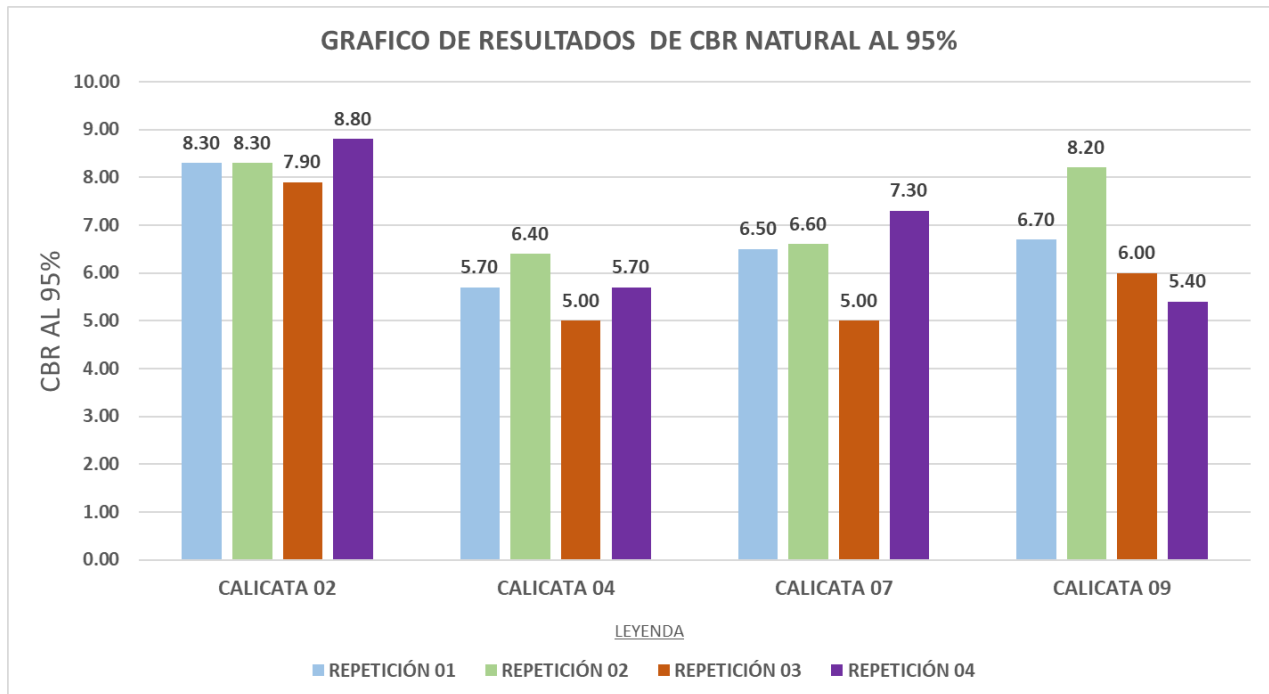
Para realizar el ensayo de CBR se consideró las calicatas C-2, C-4, C-7 y C-9, las cuales se realizaron repeticiones. Obteniéndose los resultados que se presentan a continuación:

Tabla 28. Resultados del ensayo CBR en estado natural con sus respectivas repeticiones.

95% de la densidad máxima seca (%) a 1''				
Calicata	C-2	C-4	C-7	C-9
Progresiva (Km)	114+000	116+000	119+000	121+000
Repetición 01	8.30	5.70	6.50	6.70
Repetición 02	8.30	6.40	6.60	8.20
Repetición 03	7.90	5.00	5.00	6.00
Repetición 04	8.80	5.70	7.30	5.40

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Resultados del ensayo CBR en estado natural.



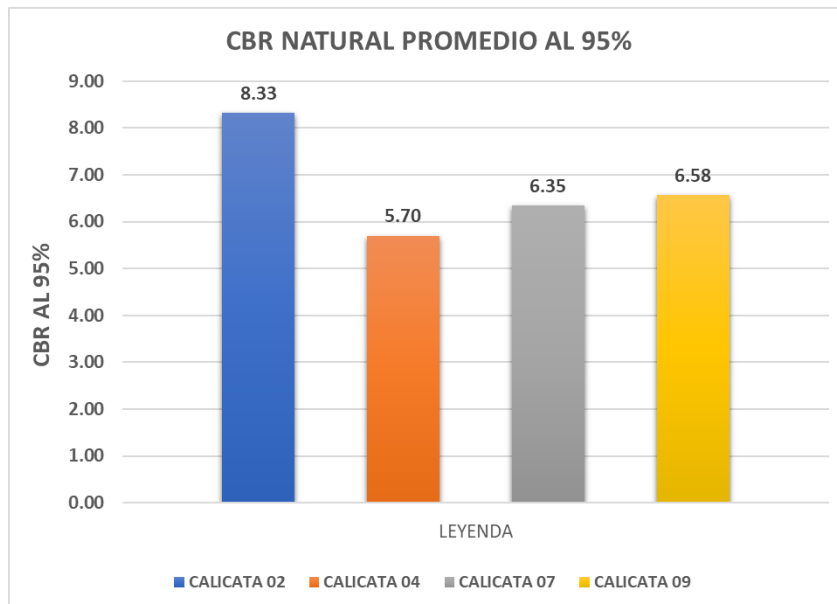
Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Resultados del ensayo CBR de la muestra en estado natural (promedio).

Calicata	Estrato	Progresiva (Km)	C.B.R. para el 95% de la densidad máxima seca (%) a 1''
C-2	E-1	114+000	8.33
C-4	E-1	116+000	5.70
C-7	E-1	119+000	6.35
C-9	E-1	121+000	6.58

Fuente: Elaboración propia

Figura 9. CBR natural promedio al 95%.



Fuente: Elaboración propia

3.3.4.3. Resultados del ensayo CBR con la aplicación del aditivo Proes

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del ensayo CBR con la aplicación del aditivo:

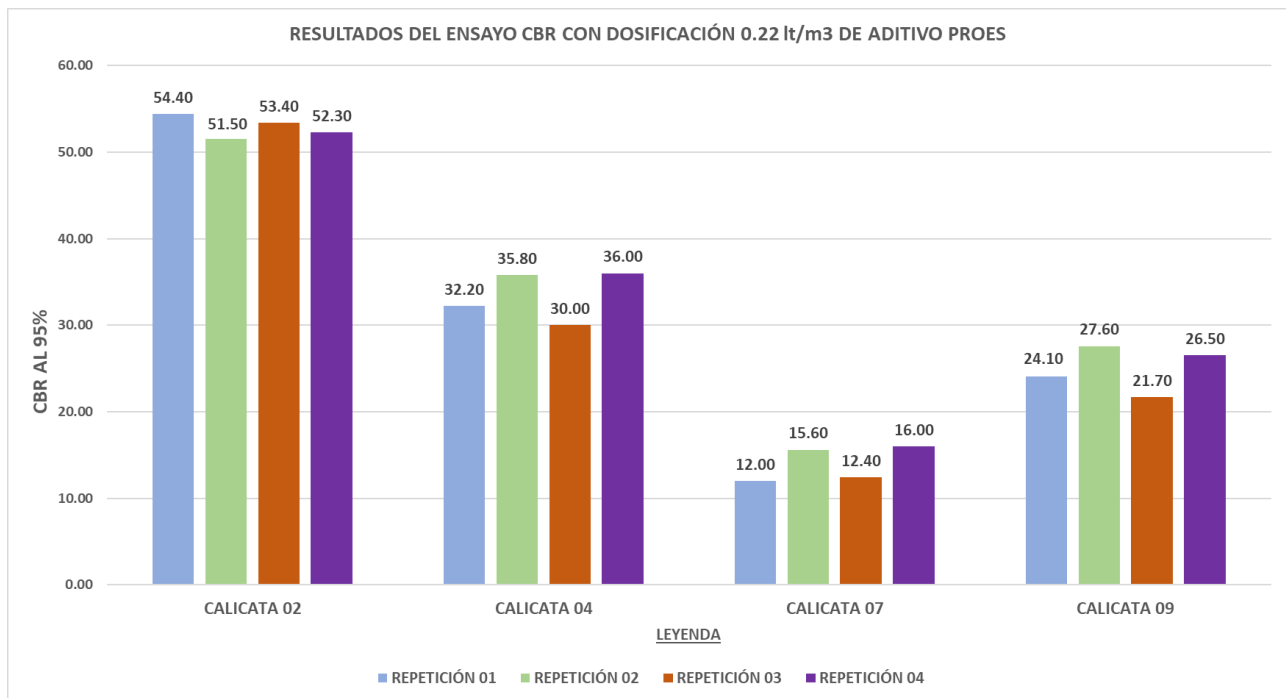
Cuadro de resultados de CBR de la muestra con dosificación de 0.22lt/m³ de aditivo Proes y 50Kg/m³ de cemento con 4 repeticiones:

Tabla 30. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.22lt/m³ de aditivo Proes.

95% de la densidad máxima seca (%) a 1''				
Calicata	C-2	C-4	C-7	C-9
Progresiva (Km)	114+000	116+000	119+000	121+000
Repetición 01	54.40	32.20	12.00	24.10
Repetición 02	51.50	35.80	15.60	27.60
Repetición 03	53.40	30.00	12.40	21.70
Repetición 04	52.30	36.00	16.00	26.50

Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Resultados del ensayo CBR con Dosificación 0.22 lt/m³ de aditivo Proes.



Fuente: Elaboración propia

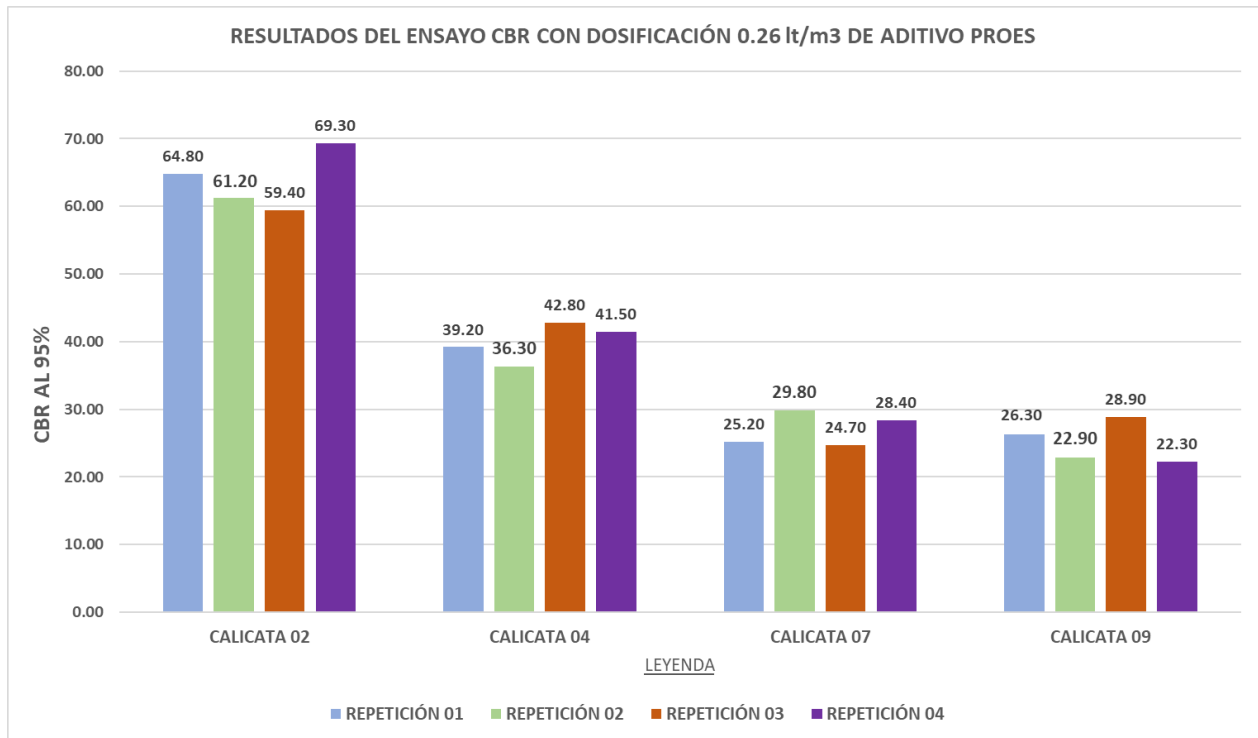
Cuadro de resultados de CBR de la muestra con dosificación de 0.26lt/m³ de aditivo Proes y 50Kg/m³ de cemento con 4 repeticiones:

Tabla 31. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.26lt/m³ de aditivo Proes.

95% de la densidad máxima seca (%) a 1''				
Calicata	C-2	C-4	C-7	C-9
Progresiva (Km)	114+000	116+000	119+000	121+000
Repetición 01	64.80	39.20	25.20	26.30
Repetición 02	61.20	36.30	29.80	22.90
Repetición 03	59.40	42.80	24.70	28.90
Repetición 04	69.30	41.50	28.40	22.30

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.26 lt/m³ de aditivo Proes.



Fuente: Elaboración propia.

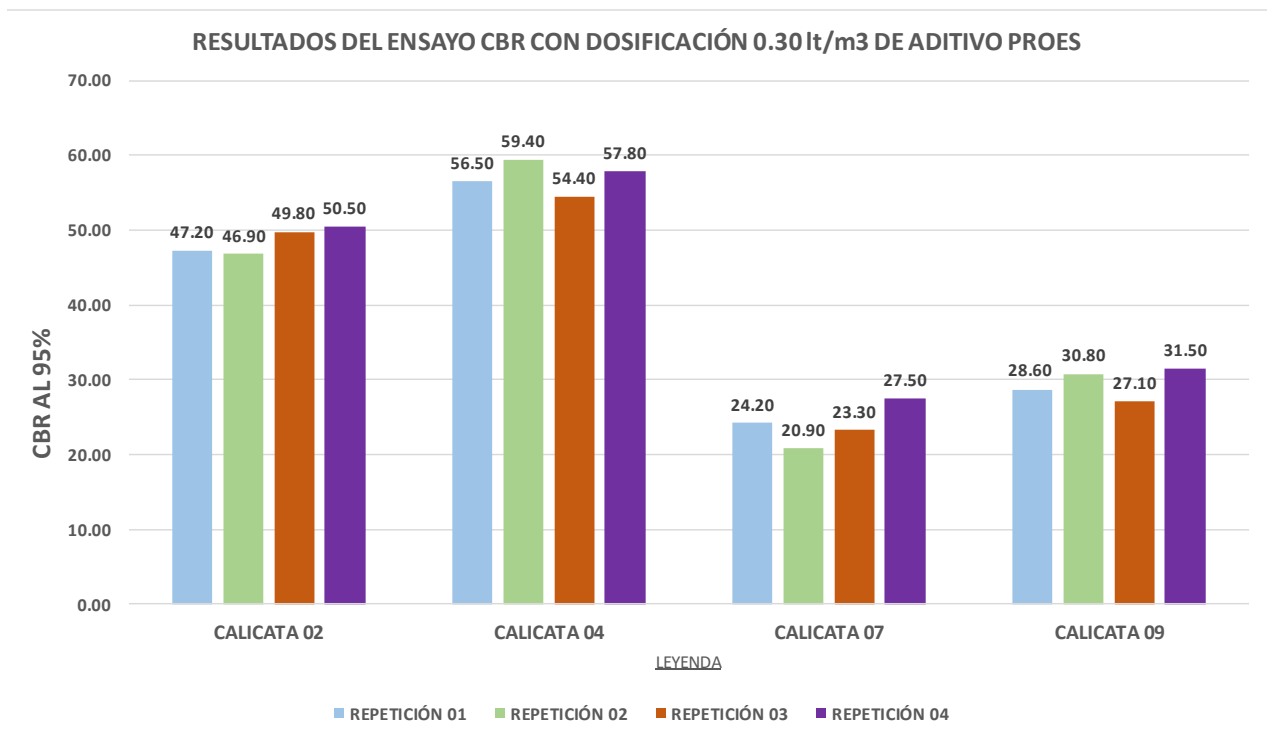
Cuadro de resultados de CBR de la muestra con dosificación de 0.30lt/m³ de aditivo Proes y 50Kg/m³ de cemento con 4 repeticiones:

Tabla 32. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.30lt/m³ de aditivo Proes.

95% de la densidad máxima seca (%) a 1''				
Calicata	C-2	C-4	C-7	C-9
Progresiva (Km)	114+000	116+000	119+000	121+000
Repetición 01	47.20	56.50	24.20	28.60
Repetición 02	46.90	59.40	20.90	30.80
Repetición 03	49.80	54.40	23.30	27.10
Repetición 04	50.50	57.80	27.50	31.50

Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.30 lt/m³ de aditivo Proes.



Fuente: Elaboración propia.

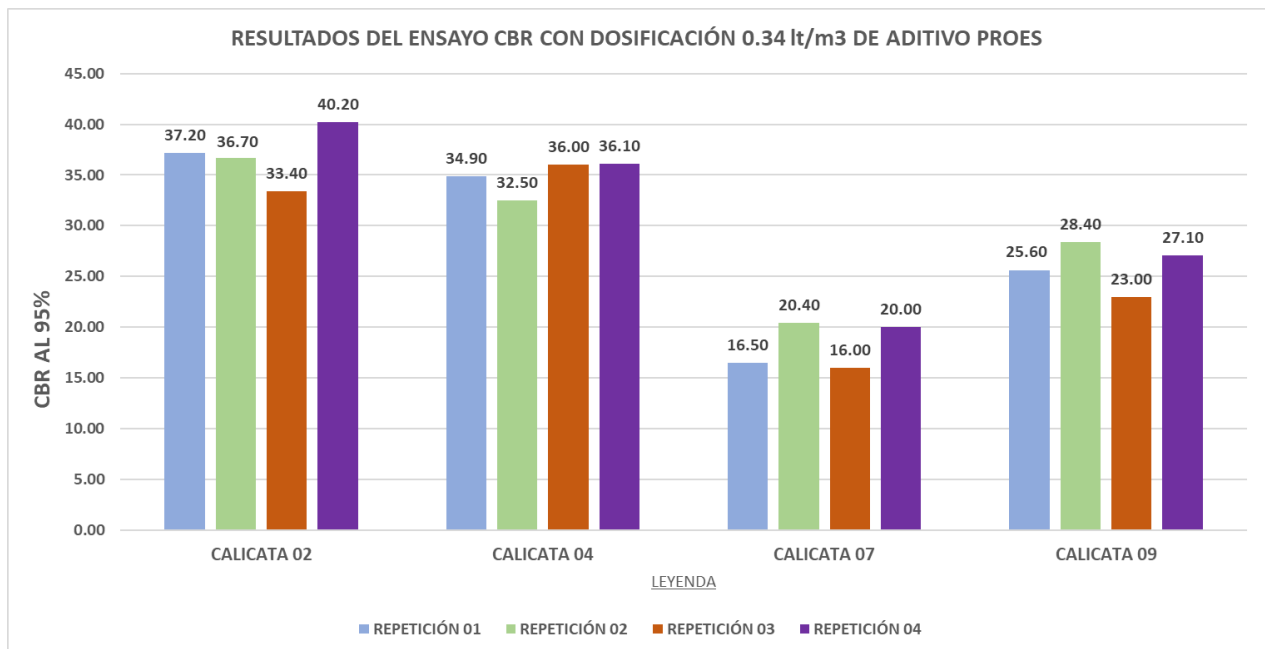
Cuadro de resultados de CBR de la muestra con dosificación de 0.34lt/m³ de aditivo Proes y 50Kg/m³ de cemento con 4 repeticiones:

Tabla 33. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.34lt/m³ de aditivo Proes.

95% de la densidad máxima seca (%) a 1''				
Calicata	C-2	C-4	C-7	C-9
Progresiva (Km)	114+000	116+000	119+000	121+000
Repetición 01	37.20	34.90	16.50	25.60
Repetición 02	36.70	32.50	20.40	28.40
Repetición 03	33.40	36.00	16.00	23.00
Repetición 04	40.20	36.10	20.00	27.10

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Resultados del ensayo CBR con dosificación 0.34lt/m³ de aditivo Proes.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Resultados del ensayo CBR, promedio de las 4 dosificaciones de la calicata 2.

	95% de la densidad máxima seca (%) a 1''			
Aditivo Proes	0.22lt/m3	0.26lt/m3	0.30lt/m3	0.34lt/m3
Cemento	50 kg/m3	50 kg/m3	50 kg/m3	50 kg/m3
CBR promedio	52.90	63.68	48.60	36.88

Fuente: Elaboración propia

Figura 14. CBR promedio de la calicata 2



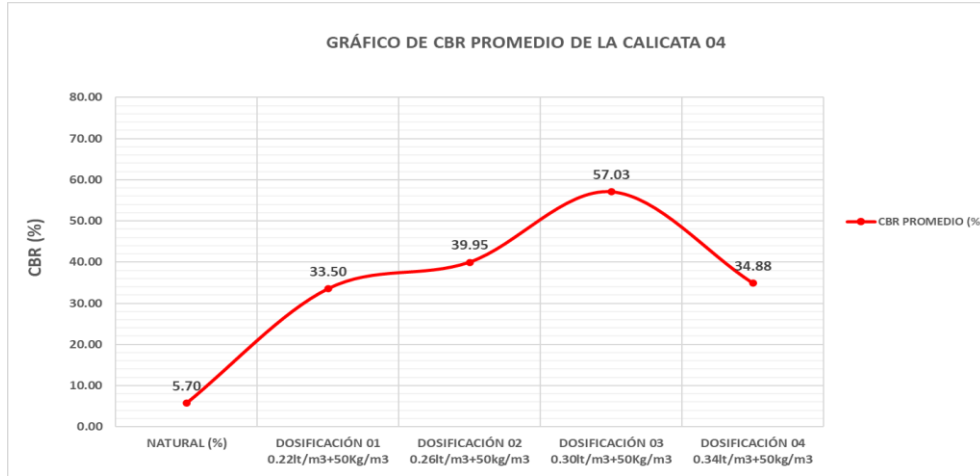
Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Resultados del ensayo CBR, promedio de las 4 dosificaciones de la calicata 4.

	.95% de la densidad máxima seca (%) a 1''			
Aditivo Proes	0.22lt/m3	0.26lt/m3	0.30lt/m3	0.34lt/m3
Cemento	50 kg/m3	50 kg/m3	50 kg/m3	50 kg/m3
CBR promedio	33.50	39.95	57.03	34.88

Fuente: Elaboración propia

Figura 15. CBR promedio de la calicata 4.



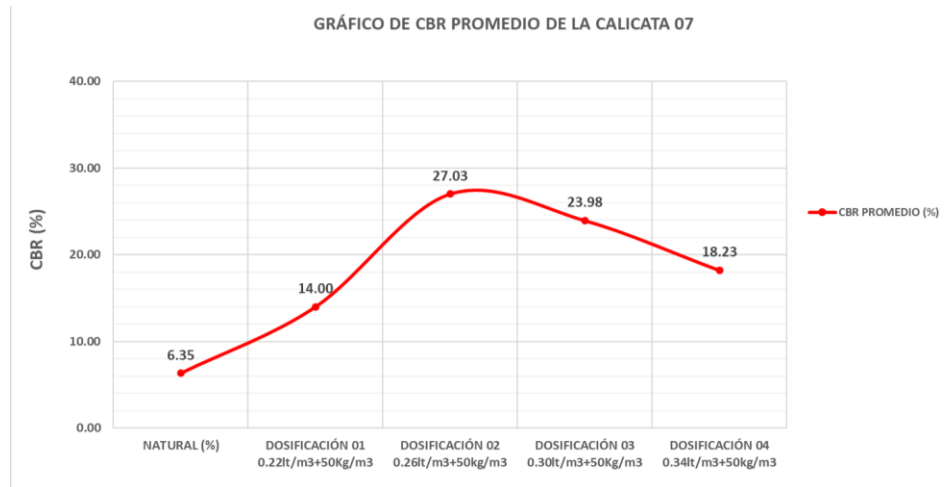
Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Resultados del ensayo CBR, promedio de las 4 dosificaciones de la calicata 7.

	95% de la densidad máxima seca (%) a 1''			
Aditivo Proes	0.22lt/m3	0.26lt/m3	0.30lt/m3	0.34lt/m3
Cemento	50 kg/m3	50 kg/m3	50 kg/m3	50 kg/m3
CBR promedio	14.00	27.03	23.98	18.23

Fuente: Elaboración propia

Figura 16. CBR promedio de la calicata 7.



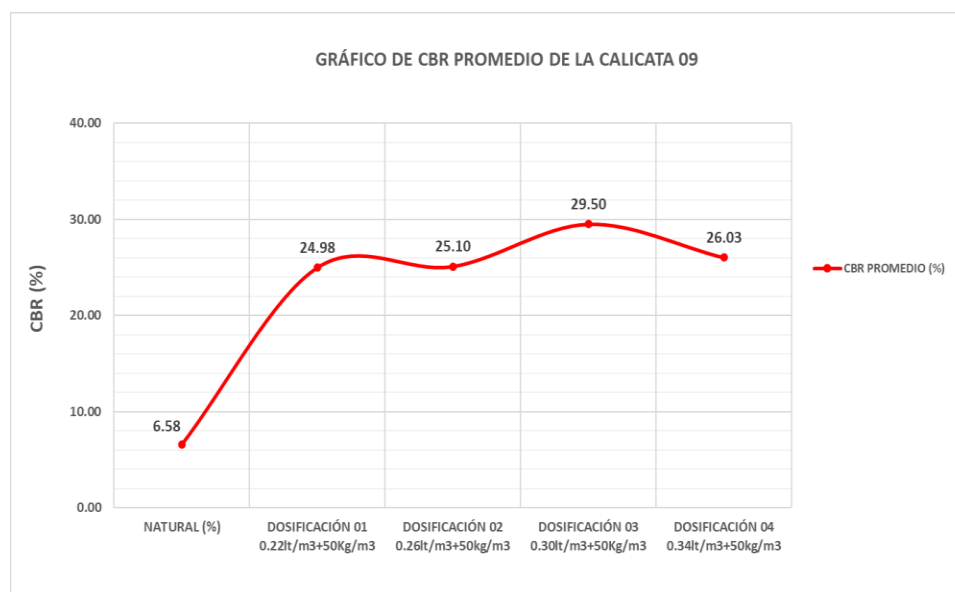
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Resultados del ensayo CBR, promedio de las 4 dosificaciones de la calicata 9.

95% de la densidad máxima seca (%) a 1''				
Aditivo Proes	0.22lt/m ³	0.26lt/m ³	0.30lt/m ³	0.34lt/m ³
Cemento	50 kg/m ³	50 kg/m ³	50 kg/m ³	50 kg/m ³
CBR promedio	24.98	25.10	29.50	26.03

Fuente: Elaboración propia

Figura 17. CBR promedio de la calicata 9.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Comparación de los resultados del CBR patrón con el CBR con aditivo Proes + Cemento.

Calicata	AASHTO	CBR patrón al 95%	CBR 0.22 lt/m3+ 50kg/m3 al 95%	% Incremento	CBR 0.26 lt/m3+50 kg/m3 al 95%	% Incremento	CBR 0.30lt/m3 +50kg/m3 al 95%	% Incremento	CBR 0.34lt/m3+50 kg/m3 al 95%	% Incremento
C-2	A-4	8.33%	52.90%	535.05%	63.68%	664.47%	48.60%	483.43%	36.88%	342.74%
C-4	A-6	5.70%	33.50%	487.72%	39.95%	600.88%	57.03%	900.53%	34.88%	511.93%
C-7	A-6	6.35%	14.00%	120.47%	27.03%	325.67%	23.98%	277.64%	18.23%	187.09%
C-9	A-7-5	6.58%	24.98%	279.64%	25.10%	281.46%	29.50%	348.33%	26.03%	295.59%

Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Análisis estadístico

Para que pueda haber un análisis estadístico de esta investigación, se consideró 4 repeticiones de cada muestra, siendo esta la mínima; esto sirve para dar confiabilidad de los resultados de un experimento.

Una vez realizados el ensayo California Bearing Ratio (CBR) en la cual se añadió el Aditivo Proes y obtenido los resultados de cada dosificación, con sus respectivas repeticiones; se prosiguió a realizar el análisis estadístico:

3.3.1.1. Prueba de Normalidad

La prueba de normalidad de Shapiro Wilk, se emplea cuando la muestra que se usa en la investigación es menor a 50; así como también se usa para comprobar si el conjunto de datos sigue una distribución normal o no, para ello se plantea una hipótesis nula que es la negación de la hipótesis planteada, quedando de la siguiente manera:

H_0 : La adición del aditivo Proes no mejorará la capacidad de soporte de la subrasante del tramo Chiriaco – Mesones Muro en un 30%.

H_1 : La adición del aditivo Proes mejorará la capacidad de soporte de la subrasante del tramo Chiriaco – Mesones Muro en un 30%.

Para analizar los resultados de la prueba de Shapiro Wilk se tiene en cuenta lo siguiente:

Si $\text{Alpha} < \text{p-value}$ la distribución es normal

Si $\text{Alpha} > \text{p-value}$ la distribución no es normal

Tabla 39. Prueba de Shapiro Wilks.

	Grupo 1 (natural)	Grupo 2 (Dosif. 01)	Grupo 3 (Dosif. 02)	Grupo 4 (Dosif. 03)	Grupo 5 (Dosif. 04)
W-stat	0.93041584	0.90447458	0.85424546	0.87225048	0.92097224
p-value	0.24751613	0.09481558	0.0157416	0.02944435	0.17486903
Alpha	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Distribución normal	si	si	no	no	si

Fuente: Excel office 365, 2021.

El valor de “Alpha” es un nivel significativo, que se considera un nivel crítico para el análisis estadístico de 5% en ingeniería.

Tabla 40. Prueba de Friedman’s test.

Alpha	0.05
Q-stat	46.5
df	4
p-value	1.9381E-09

Fuente: Excel office 365, 2021

Para el análisis de esta prueba se tiene que tener en cuenta lo siguiente:

Si $\text{Alpha} > \text{p-value}$, existe diferencias significativas

Si $\text{Alpha} < \text{p-value}$, no existe diferencias significativas

3.3.1.2. Análisis de Varianza (ANOVA)

Este análisis nos permitirá constatar si la hipótesis nula se rechaza o no, para analizar los resultados del análisis de varianza se tiene en cuenta lo siguiente:

Si el valor $F > \text{valor crítico}$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Si el valor $F <$ valor crítico, entonces se no se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 41. *Análisis de Varianza.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	11453.450	4	2863.362	19.218	6.4582E-11	2.494
Dentro de los grupos	11174.684	75	148.996			
Total	22628.134	79				

Fuente: Excel office 365, 2021.

Por lo tanto, el valor de F es mayor que el valor crítico, por ende: se rechaza la hipótesis nula que es:

La adición del aditivo Proes no mejorará la capacidad de soporte de la subrasante del tramo Chiriaco – Mesones Muro en un 30%.

3.3.1.3. Prueba de Tukey

Se utiliza para pruebas de medias, en diseños experimentales; es decir diseños que se realizan en bloques, así como se realizó en esta investigación, el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con sus respectivas dosificaciones

Tabla 42. *Prueba de Medias.*

TUKEY		n	Alpha 0.05		
Grupo	Media		ss	df	q-crit
Normal	6.7375	16	23.6575		
D 1	31.3438	16	3306.8794		
D 2	38.9375	16	3914.0175		
D 3	39.775	16	2980.59		
D 4	29	16	949.54		
TOTAL		80	11174.6844	75	3.953

Fuente: Excel office 365, 2021.

Tabla 43. Resultados de medias de comparaciones en grupo de TUKEY.

Grupo 1	Grupo 2	Media	Error estándar	q-stat	Más bajo	Superior	p-value	Media crítica	Cohen d
NORMAL	D 1	24.606	3.052	8.063	12.543	36.669	2.1816 E-06	12.063	2.016
NORMAL	D 2	32.200	3.052	10.552	20.137	44.263	1.2513 E-09	12.063	2.638
NORMAL	D3	33.038	3.052	10.826	20.975	45.100	5.3705 E-10	12.063	2.707
NORMAL	D 4	22.263	3.052	7.295	10.200	34.325	1.9126 E-05	12.063	1.824
D 1	D 2	7.594	3.052	2.488	-4.469	19.657	0.405	12.063	0.622
D 1	D3	8.431	3.052	2.763	-3.632	20.494	0.299	12.063	0.691
D 1	D 4	2.344	3.052	0.768	-9.719	14.407	0.982	12.063	0.192
D 2	D 3	0.837	3.052	0.274	-11.225	12.900	1.000	12.063	0.069
D2	D 4	9.937	3.052	3.256	-2.125	22.000	0.155	12.063	0.814
D3	D4	10.775	3.052	3.531	-1.288	22.838	0.102	12.063	0.883

Fuente: Excel office 365, 2021.

Para la evaluación de la Prueba de Tukey se tiene en cuenta lo siguiente:

Si $\alpha > p\text{-value}$, si existe diferencia significativa.

Si $\alpha < p\text{-value}$, no existe diferencia significativa

3.4. Contrastación de Hipótesis

Al contrastar la hipótesis se obtuvo lo siguiente: que, si hay una mejora en la capacidad de soporte de la subrasante, esto se puede verificar en la Tabla. 29 resultados obtenido del CBR en estado natural y las Tablas .30, 31, 32 y 33 en la cual se muestran los resultados obtenidos con la aplicación del aditivo Proes.

4. CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Discusión de resultados

En la presente investigación se llegaron a considerar de las 11 calicatas realizadas dentro del tramo a estudiar las más desfavorables y/o críticas, siendo estas las calicatas C-2, C-4, C-7 y C-9; además se puede apreciar que la C-1 ver tabla 25 es la más crítica en comparación con las calicatas mencionadas anteriormente, pero según la cartilla de dosificación del aditivo Proes este tipo de suelo con $IP \geq 25\%$ ver tabla 10, se debe utilizar el aditivo sólido Cal Viva y como en esta investigación se consideró el cemento, es por ello que la C-1 no fue considerada.

En contraste a los antecedentes de la investigación realizada del tesista Carranza y Fernandez (2018).

Donde se realizaron 8 calicatas, en la que 4 de ellas fueron seleccionadas como las más desfavorables, siendo suelos arcillosos con CBR de 3%, 3%, 2% y 2%, considerándose subrasante inadecuada y cuando se aplicó el aditivo Proes con dosificación 0.30lt/m³ y 50kg/m³ de cemento se obtuvo un CBR de 49%, 60%, 62% y 70%, llegando a incrementar de manera considerable a la subrasante. En tanto, en la presente investigación realizada, una de las 4 dosificaciones que se aplicaron es la misma en que se utilizó en la tesis de Carranza y Fernandez, obteniendo resultados no tan favorables pese a que el CBR de la presente tesis son de 8.33%, 5.70%, 6.35% y 6.58%, y con la aplicación del aditivo más el cemento se obtuvieron CBR 48.60%, 57.03%, 23.98% y 29.50%, siendo inferiores a los resultados obtenidos en la investigación del tesista Carranza y Fernandez.

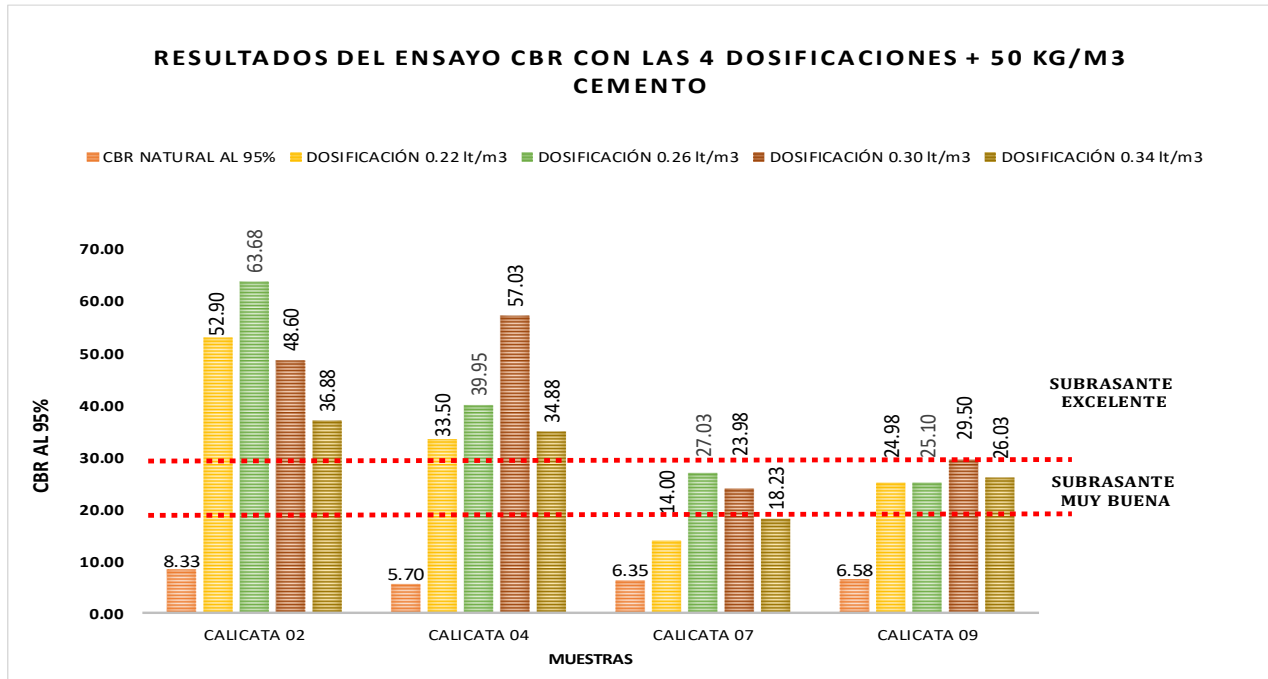
En contraste a los antecedentes de la investigación realizada del tesista Reategui (2018).

En esta investigación se realizaron 11 calicatas, en la que 3 de ellas fueron seleccionadas como las más desfavorables, siendo suelos arcillosos con CBR de 10.63%, 7.63% y 5% respectivamente, y cuando se aplicó el aditivo Proes con dosificación 0.25lt/m³ y 38kg/m³ de cemento Portland se obtuvieron CBR de 17.53%, 8.83% y 10.67% respectivamente, no incrementando de manera considerable en la subrasante. En cambio, en la presente investigación la menor dosificación que se utilizó es de 0.22lt/m³ de Proes y 50kg/m³ de cemento en la que se obtuvieron resultados favorables, siendo el CBR natural de 8.33%, 5.70%, 6.35% y 6.58% similares a la investigación del tesista Reategui y con la aplicación del aditivo más el cemento se obtuvieron CBR 52.90%, 33.50%, 14.00% y 24.98%.

En contraste a los antecedentes de la investigación realizada del tesista Castillo (2018).

En esta investigación se realizaron 10 calicatas, en la que 3 de ellas fueron seleccionadas como las más críticas, siendo suelos limosos y arcillosos con CBR de 6.90%, 5.57% y 7.54% respectivamente, y cuando se aplicaron las diferentes dosificaciones de aditivo Proes (0.23lt/m³, 0.27lt/m³, 0.30lt/m³ y 0.33lt/m³) más 45kg/m³ de cemento estos obtuvieron resultados favorables en la subrasante, obteniendo como óptimo de dosificación el 0.27lt/m³ de aditivo Proes logrando CBR de 109.80%, 116.40% y 114.20%, en cambio con la dosificación 0.30lt/m³ los resultados disminuyeron al comparación con la dosificación 0.27lt/m³. En la presente investigación se obtuvieron resultados menores a las obtenidas en la tesis de Castillo, pero con resultados favorables en las 4 calicatas, obteniendo incrementos más del 100% ver Tabla 38; a continuación, se muestra en la figura las variaciones que hay con respecto a las diferentes dosificaciones de aditivo Proes (0.22lt/m³, 0.26lt/m³, 0.30lt/m³, 0.34lt/m³) y 50kg/m³ de cemento:

Figura 18. CBR con las 4 dosificaciones + 50kg/m³ de cemento.



Fuente: Elaboración propia

Comparando los resultados de la figura anterior se determina que:

El aditivo Proes conjuntamente con el aditivo sólido si aumenta la capacidad de soporte de la subrasante, sin embargo, la variación de resultados se debe a las propiedades físicas que cada una de las muestras tienen como: el porcentaje de grava, pasante por la malla N° 4, índice

de plasticidad y pasante por la malla N° 200; así mismo esto se debe también a la proporción de conglomerante(cemento)/aditivo Proes, siendo el volumen de conglomerante utilizado en esta investigación de 50kg/m³ para todas las diferentes dosificaciones de aditivo Proes.

Se puede apreciar el decaimiento de los resultados del ensayo de CBR en la dosificación de 0.34lt/m³ de Proes más 50kg/m³ de cemento, esto quiere decir que, en esta proporción de aditivo y conglomerante no es favorable para las muestras estudiadas.

Con los análisis de resultados se considera que las calicatas C-2 y C-7 obtienen su óptimo porcentaje de CBR con la dosificación de 0.26 lt/m³ (aditivo Proes) y 50kg/m³ (cemento); y las calicatas C-4 y C-9 con la dosificación de 0.30lt/m³ (aditivo Proes) y 50kg/m³ (cemento).

Comparando los resultados mencionados en párrafos anteriores y el de los antecedentes, se determina que el aditivo Proes conjuntamente con el aditivo sólido(cemento) si muestra un significativo aumento de CBR en las muestras, sin embargo, los resultados obtenidos dependen tanto de las características físicas de las muestras, de la proporción del aditivo sólido y el aditivo Proes, así como también el tipo de aditivo sólido (Cal, Cemento y Cenizas).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se concluyó que el aditivo Proes mejora la capacidad de soporte de la subrasante de las muestras estudiadas en todas sus dosificaciones, presentando mayor eficiencia para las calicatas C-2 y C-7 con la dosificación 0.26lt/m³ y para C-4 y C-9 con la dosificación 0.30lt/m³.
- Con respecto a las propiedades físicas de las calicatas estudiadas C-2, C-4, C-7, C-9, se determinó que, según la clasificación SUCS estos son suelos de tipo SC, SC, CL, ML; para la clasificación AASHTO suelos de tipo A-4, A-6, A-6, A-7-5; para IG de 1, 3, 8 y 13 respectivamente. A partir de los resultados obtenidos del ensayo de Límite de Atterberg se consideran suelos de mediana plasticidad y contenido de humedad de las calicatas mencionadas anteriormente con 10.6%, 20.9%, 26.9% y 31.4% respectivamente.
- Con respecto a las propiedades mecánicas de las calicatas estudiadas C-2, C-4, C-7, C-9, se determinó que, contienen máxima densidad seca de 2.002gr/cm³, 1.850 gr/cm³, 1.715gr/cm³, 1.792gr/cm³; humedad óptima de 11.63%, 15.42%, 19.28%,

18.47% respectivamente; siendo estos resultados menores a los que se obtuvieron en el ensayo de contenido de humedad natural; y mediante los resultados obtenidos del ensayo California Bearing Ratio en estado natural de las calicatas estudiadas, se determinó un CBR de 8.33% (subrasante regular), 5.70% (subrasante insuficiente), 6.35% (Subrasante regular) y 6.58% (subrasante regular) respectivamente.

- Se concluye que si hay una mejoría con respecto a la categoría de la subrasante de los suelos estudiados Limoso (C-2) y Arcilloso (C-4, C-7, C-9) luego de la aplicación del aditivo Proes con las diferentes dosificaciones, obteniendo con la dosificación 0.22lt/m³ de aditivo Proes y 50kg/m³ de cemento un porcentaje de CBR de 52.90%, 33.50%, 14% y 24.98%, con 0.26lt/m³ de aditivo Proes y 50kg/m³ de cemento un CBR de 63.68%, 39.95%, 27.03% y 25.10%, con 0.30lt/m³ de aditivo Proes y 50kg/m³ de cemento un CBR de 48.60%, 57.03%, 23.98% y 29.50% y con 0.34lt/m³ de aditivo Proes y 50kg/m³ de cemento un CBR de 36.88%, 34.88%, 18.23% y 26.03%, logrando obtener subrasante buena, muy buena y excelente.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el aditivo Proes en el ensayo de Proctor modificado para determinar su contenido de humedad óptimo y su máxima densidad seca; y así comparar con los resultados obtenidos en estado natural.
- Se recomienda aplicar el aditivo Proes y cemento por separado en el ensayo de California Bearing Ratio (CBR), para así determinar en qué tanto influye el aditivo cemento en el aditivo Proes.
- Se recomienda comparar el aditivo Proes con otros aditivos, para así comparar los resultados y ver cuál es la más recomendable a utilizar para este tipo de suelos.
- En la presente investigación se realizó el ensayo de Proctor Modificado en solo 4 calicatas siendo las más críticas, por lo que se recomienda realizar el ensayo para todas las calicatas para tener un mejor punto de vista a nivel del todo el tramo a estudiar.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ariza et al. (2016). Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante. Tesis Ing. Civ. Bogota, Colombia, UGC. 62 p.

ASTM D2487 (2017). Clasificación de suelos para fines de Ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). 10 p.

ASTM D3282 (2015). Clasificación de suelos y mezclas de suelos y agregados para fines de construcción de carreteras. 06 p.

Bañón, L. y Beviá, J. (2015). Manual de carreteras Construcción Mantenimiento. Vol.2. Alicante, Alicante, España. 329 p.

Braja, M. (2014). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. 4ta ed. Sacramento, California. 608 p.

Carranza y Fernandez (2018). Aplicación de los aditivos Proes y Conaid para mejorar la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante en la vía de acceso al C.P. Barraza, Laredo, La Libertad – 2018. Tesis Ing. Civ. Trujillo, Perú, UPN. 428p.

Castillo (2018). Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de Pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018. Tesis Ing. Civ. Trujillo, Perú, UNP. 403p.

Caruajulca (2018). Influencia del aditivo Cloruro de Sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera Tramo Cruce el Porongo – Aeropuerto – Cajamarca. Tesis Ing. Civ. Cajamarca, Perú, UNC. 91p.

Crespo (2004). Suelos y cimentaciones. Editorial Limusa. 5ta ed. Monterrey, México. 652p.

Diaz (2018). Influencia del aditivo Sika Dust Seal como agente estabilizador de suelos en la trocha carrozable tramo La Serma – Tambillo, Jaén, Cajamarca. Tesis Ing. Civ. Cajamarca, Perú, UNC. 70p.

Espitia y Ramos (2017). Variación de la capacidad de soporte de una base granular por inclusión de Tereftalato de Polietileno (PET) como material de agregado (Rango 0%, 50% y 100% - Tamices N° 4, 3/8", 1/2", 3/4" Y 1"). Tesis Ing. Civ. Girardot, Colombia, UPC. 100 p.

Kraemer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., Sánchez, V. y Val, M. (2004). Ingeniería de Carreteras (Vol.2). Madrid, España. 560 p.

- Frankie (2013). Estudios Geotécnicos.
<http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/descriptores-geotecnicos-5-plasticidad-limites-de-atterberg-y-consistencia/>
- Menéndez, J. (2009). Ingeniería de Pavimentos Materiales, Diseño y Conservación. Editorial ICG. 1ª ed. Lima, Perú. 108 p.
- MTC (2014). Manual de Carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. 281 p.
- Montejo, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Bogotá, Colombia. 733 p.
- MTC (2008). Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. 208 p.
- MTC (2016). Manual de ensayo de Materiales. 1269 p.
- Minaya, S. y Ordóñez, A. (2006). Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. 2da ed. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. 487 p.
- NTP 339.129 (2014). Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª ed. Lima, Perú. 33 p.
- Plaza, O. (2005). Geología Aplicada. 1ª ed. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. 81 p.
- Proestech (2017). Fundamentos de tecnología Proes para pavimentos. Lima, Perú. 35 p.
- Proestech (2017). Especificaciones técnicas base tratada con tecnología Proes. Lima, Perú. 09 p.
- Proestech (2021). Guía Técnica. 09p.
- Ravines, M. (2010). Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras. Tesis Ing. Civ. Piura, Perú, UNP. 247p.
- Reategui (2018). Influencia del aditivo Proes para mejorar la estabilización de la subrasante del tramo Lahuarpía Emilio San Martín, Japelacio, Moyobamba 2017. Tesis Ing. Civ. Moyobamba, Perú, UCV. 145p.

ANEXOS A:

A.1 CONTEO VEHICULAR



FORMATO DE CONTEO VEHICULAR



Tesis:	Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza																	
Estación:	Centro Poblado de Mesones Muro																	
Fecha:	Lunes 06 de diciembre del 2021																	
Sentido:	Ambos																	
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2	>=B3	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
DIAGRA. VEH.																		
MAÑANA																		
07-08	IDA	2	1	6		2					1							
	VUELTA	1	2	1		3			1						1			
08-09	IDA					1						1						
	VUELTA		7	5		6		1			1							
09-10	IDA	2	5	3		4					1							
	VUELTA	2	6	8		1				3	2							
10-11	IDA	1	4	4										1				1
	VUELTA	1	4	5		6				1	3							
11-12	IDA	2	2	5		4					2							
	VUELTA	3	1	2		4												
TARDE																		
12-01	IDA	1		4		2			1			1						
	VUELTA	2	1	2		2												
01-02	IDA	2		3		4									1			
	VUELTA	2	2	1		2				1								
02-03	IDA	3		2		1		1										
	VUELTA			2		3												
03-04	IDA	1	1			2					2							
	VUELTA	1	1	2		3								1				1
04-05	IDA	4		1		2				1		1			1			
	VUELTA			3														
05-06	IDA	1	2	4								1						
	VUELTA	2	1	2		3												
PARCIAL:		33	40	65	0	55	0	2	2	6	12	4	0	2	3	0	0	2

Fuente: Elaboración propia.



FORMATO DE CONTEO VEHICULAR



Tesis:	Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza																		
Estación:	Centro Poblado de Mesones Muro																		
Fecha:	Martes 07 de diciembre del 2021																		
Sentido:	Ambos																		
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER					
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2	>=B3	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	
DIAGRA.VEH.																			
MAÑANA																			
07-08	IDA		2	1		2												1	
	VUELTA	2	1	2		1													
08-09	IDA	1	3	1		2		1		1									
	VUELTA	2	2	2		2		1			2				1			1	
09-10	IDA	1	2	3		1			1		3								
	VUELTA	1	1	2		1			1					1					
10-11	IDA	1		4											1				
	VUELTA	1	1	3		2													
11-12	IDA	2	6	6	2	7								1					
	VUELTA	2		1		1													
TARDE																			
12-01	IDA	3	4	1				1		1	1			1					
	VUELTA		3	2		4		1											
01-02	IDA	1		1		1									1			1	
	VUELTA	2		1		3													
02-03	IDA	2		1		2			1	2		1							
	VUELTA	2		2		1													
03-04	IDA		2	9				1											
	VUELTA		3	4		2		1				1			1				
04-05	IDA		2	8															
	VUELTA	2	3	5		2			1										
05-06	IDA	2		6		1													
	VUELTA	1		1		1													
PARCIAL:		28	35	66	2	36	0	6	4	4	6	2	0	3	4	0	0	3	

Fuente: Elaboración propia.



FORMATO DE CONTEO VEHICULAR



Tesis: Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza

Estación: Centro Poblado de Mesones Muro

Fecha: Miercoles 08 de diciembre del 2021

Sentido: Ambos

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2	>=B3	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
DIAGRA.VEH.																		
MAÑANA																		
07-08	IDA		3	1		1												
	VUELTA	1		2		1												
08-09	IDA	1	1	1		4		1		1		1						
	VUELTA	1	1	2		1					2							
09-10	IDA	1		3		2									1			
	VUELTA	1	1	2		1												
10-11	IDA	1		4														
	VUELTA	1	1	3		1		1										
11-12	IDA	3	3	4		5			1									1
	VUELTA	2		1		1		1										
TARDE																		
12-01	IDA		4	1		2		1		1	1			1				
	VUELTA	1	3	2														
01-02	IDA		1	1		1												
	VUELTA	3	1	1		2												
02-03	IDA	2	3	1		1			1									
	VUELTA	1		2		2		1										1
03-04	IDA	1	1	3										1				
	VUELTA	1	1	4		2					1							
04-05	IDA	3	2	2					1	1								
	VUELTA	2	3	5		2									1			
05-06	IDA	2	2	4		2												
	VUELTA	1	1	1		1												
PARCIAL:		29	32	50	0	32	0	4	4	3	3	2	0	2	2	0	0	2

Fuentes: Elaboración propia.



FORMATO DE CONTEO VEHICULAR



Tesis:	Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza																	
Estación:	Centro Poblado de Mesones Muro																	
Fecha:	Jueves 09 de diciembre del 2021																	
Sentido:	Ambos																	
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2	>=B3	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
DIAGRA.VEH.																		
MAÑANA																		
07-08	IDA	2	1	4		1								1				
	VUELTA	3	1	1		2												
08-09	IDA		3	3		4		1		2		1						
	VUELTA	2	2	1		2				2								1
09-10	IDA	3	2	1		2												
	VUELTA		1	1		2												
10-11	IDA			5														
	VUELTA		1	2		3												
11-12	IDA	1	3	2		1			1			1		1				
	VUELTA	1	2	2		1			1									1
TARDE																		
12-01	IDA		5	1		3				2	2							
	VUELTA	1	3	1				1										
01-02	IDA		3			1												
	VUELTA		1			1												
02-03	IDA		2	2		5				2					1			
	VUELTA	1		3		3												
03-04	IDA	1		1		1					2							
	VUELTA	2		1		1						1						1
04-05	IDA		1	4		4				1								
	VUELTA	2	1			2												
05-06	IDA	1		2		1												
	VUELTA	1	1	1		1												
PARCIAL:		21	33	38	0	41	0	2	2	7	6	3	0	2	1	0	0	3

Fuente: Elaboración propia.



FORMATO DE CONTEO VEHICULAR



Tesis:	Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza																	
Estación:	Centro Poblado de Mesones Muro																	
Fecha:	Viernes 10 de diciembre del 2021																	
Sentido:	Ambos																	
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2	>=B3	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
DIAGRA.VEH.																		
MAÑANA																		
07-08	IDA	4	4	5		3					2				1			
	VUELTA	2	2	2		2												
08-09	IDA	2	2	3		4				2		1				1		
	VUELTA	3	2	4		2					2							
09-10	IDA	3	2	3		5				2								1
	VUELTA		1	3		2		1										
10-11	IDA	4	1	4		3					1							
	VUELTA	1	1	3		3					1							
11-12	IDA	3	4	3		4			1			1		1				
	VUELTA	1	1	1		2		1										
TARDE																		
12-01	IDA		6	4		3		1		2	2				1			
	VUELTA	2	2	2														1
01-02	IDA	3	2	1		4				2	1	1						
	VUELTA		1	5		2												
02-03	IDA		2	6		5		1		2					1			
	VUELTA	1		2		3												
03-04	IDA	2	3	5		2				2	2							
	VUELTA	2		2		1						1						
04-05	IDA	4	2	5		4				1								
	VUELTA	1	2	2		2		1										
05-06	IDA	1	2	4		2						1						
	VUELTA		1	3		2												
PARCIAL:		38	43	72	0	60	0	4	2	13	11	5	0	2	3	0	0	2

Fuente: Elaboración propia.



FORMATO DE CONTEO VEHICULAR



Tesis:	Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza																	
Estación:	Centro Poblado de Mesones Muro																	
Fecha:	Sábado 11 de diciembre del 2021																	
Sentido:	Ambos																	
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2	>=B3	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
DIAGRA.VEH.																		
MAÑANA																		
07-08	IDA VUELTA	1 1	2 1	2 2		1 1			1 1	1 1								
08-09	IDA VUELTA		1 2	4 3		1 1			1 1	1 2			1					
09-10	IDA VUELTA			2 6		2 5			1		1						1	
10-11	IDA VUELTA	2 1	1 1	2 1		1 1		1			1			1				
11-12	IDA VUELTA	3 1	1	4 1		2		1		1								
TARDE																		
12-01	IDA VUELTA	1 1	1	2 4		1 2				1 1	1			1				
01-02	IDA VUELTA	2	3	3 1		1 1		1	1		1		1					
02-03	IDA VUELTA	1	1 1	2 4		3 2			2 1								1	
03-04	IDA VUELTA	1 1	2	5 2		1 2		1					1				1	
04-05	IDA VUELTA	2	1 2	1 1		1 3			1		2							
05-06	IDA VUELTA	1 2	1 3	4 3		1 1			1		1							
PARCIAL:		24	30	61	0	33	0	2	2	12	8	6	0	4	1	0	0	3

Fuente: Elaboración propia.



FORMATO DE CONTEO VEHICULAR



Tesis:	Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza																	
Estación:	Centro Poblado de Mesones Muro																	
Fecha:	Domingo 12 de diciembre del 2021																	
Sentido:	Ambos																	
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2	>=B3	2E	3E	4E	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
DIAGRA.VEH.																		
MAÑANA																		
07-08	IDA VUELTA		2	6		2 5		1							1			
08-09	IDA VUELTA	1	1	2		2												
09-10	IDA VUELTA		2 4						1		3							
10-11	IDA VUELTA	2		4 3		2 3						1		1				
11-12	IDA VUELTA	2		2 1		1 2				4								1
TARDE																		
12-13	IDA VUELTA		3 2	2 4		1 1		1			2			1				
01-02	IDA VUELTA	1	4 2	3 5		2 1						1						
02-03	IDA VUELTA		2 4	4 2		1			1	2				1	1			
03-04	IDA VUELTA	1	2 3	2 6		2						1						2
04-05	IDA VUELTA		2 5	3 2		1 1				2				1				
05-06	IDA VUELTA	1 1	2 6	2 6		1 6						1			1			
PARCIAL:		13	46	66	0	28	0	2	2	8	5	4	0	4	3	0	0	3

Fuente: Elaboración propia.

**A.2 CUADRO DE RESUMEN DE LOS ENSAYOS
REALIZADOS PARA DETERMINAR LAS
PROPIEDADES FÍSICAS**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Tesis : Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza.

Ubicación : Tramo Chiriaco - Mesones Muro

Referencia : MTC E-108

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Muestreada por	: Yaneth Antia Yaun Diaz	Profundidad	: 0.05 - 1.50m
Calicata	: Todas las calicatas	Fecha	: 23/12/2021

$$W = \left(\frac{M_{cms} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \right) * 100 = \left(\frac{M_w}{M_s} \right) * 10$$

CUANDRO DE RESUMEN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD									
Descripción	C-1		C-2			C-3		C-4	
	E1	E2	E1	E2	E3	E1	E2	E-1	E2
N° Tara	41	7	42	97	72	311	127	42	125
Mc: Masa de tara (g)	219.6	1730.0	229.3	222.1	222.9	234.6	1741.0	229.4	218.8
Mcms: Masa de la tara + muestra húmeda (g)	3703.8	12228.0	3977.2	5024.9	4010.2	4925.5	13360.0	4238.3	4266.8
Mcs: Masa de la tara + muestra seca (g)	2965.7	11614.0	3621.5	4829.6	3348.1	4419.2	12088.0	3545.4	3603.4
Mw: Masa del agua contenida (g)	738.1	614.0	355.7	195.3	662.1	506.3	1272.0	692.9	663.4
Ms: Masa de la muestra seca (g)	2746.1	9884.0	3392.2	4607.5	3125.2	4184.6	10347.0	3316.0	3384.6
Contenido de Humedad Promedio (%)	26.9	6.2	10.5	4.2	21.2	12.1	12.3	20.9	19.6

Descripción	C-5			C-6		C-7		C-8	
	E1	E-2	E-3	E1	E2	E1	E2	E1	E2
N° Tara	80	128	129	84	7	78	97	127	125
Masa de tara (g)	230.6	252.6	1748.0	220.7	1730.0	231.6	222.1	1741.0	219.0
Masa de la tara + muestra húmeda (g)	4439.6	4699.7	7860.0	3406.9	9664.0	1495.2	3336.0	9636.0	3651.8
Masa de la tara + muestra seca (g)	3885.6	4062.2	6720.0	2798.5	8519.0	1227.0	2624.8	8194.0	3071.0
Masa del agua contenida (g)	554.0	637.5	1140.0	608.4	1145.0	268.2	711.2	1442.0	580.8
Masa de la muestra seca (g)	3655.0	3809.6	4972.0	2577.8	6789.0	995.4	2402.7	6453.0	2852.0
Contenido de Humedad Promedio (%)	15.2	16.7	22.9	23.6	16.9	26.9	29.6	22.3	20.4

Descripción	C-9			C-10		C-11	
	E1	E2	E3	E1	E2	E1	E2
N° Tara	7	10	38	129	77	38	19
Masa de tara (g)	230.8	216.2	230.4	1748.0	236.1	230.4	231.9
Masa de la tara + muestra húmeda (g)	3089.8	3375.8	3337.8	14420.0	1225.1	3650.6	1332.6
Masa de la tara + muestra seca (g)	2406.7	2737.5	2747.1	13317.0	1080.0	3148.3	1186.7
Masa del agua contenida (g)	683.1	638.3	590.7	1103.0	145.1	502.3	145.9
Masa de la muestra seca (g)	2175.9	2521.3	2516.7	11569.0	843.9	2917.9	954.8
Contenido de Humedad Promedio (%)	31.4	25.3	23.5	9.5	17.2	17.2	15.3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Tesis : Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza.
Ubicación : Tramo Chiriaco - Mesones Muro
Referencia : MTC E-107

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
Muestreada por :	Yaneth Antia Yaun Diaz	Calicata	C-1/E1	Masa Inicial	2,746.10
Profundidad	0.05 - 1.23m	Fecha	23/12/2021		Masa fracción fina para lavar (g)
Grava (%) :	5.94	Arena(%) :	9.93	Finos(%) :	84.1

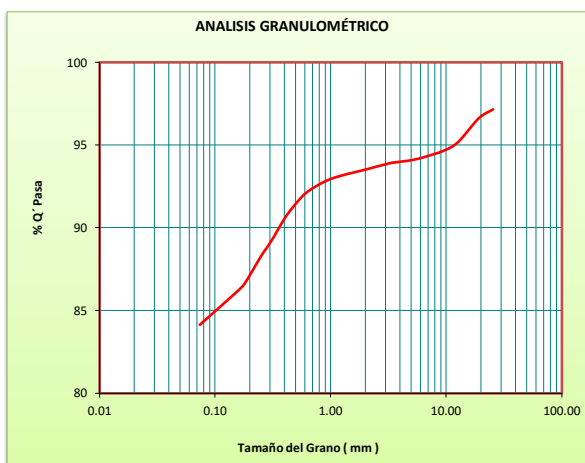
Formulas a utilizar para el cálculos del ensayo granulométrico :

$$\% \text{ Pasa } N^{\circ} 4 = \frac{\text{Masa que pasa la malla } N^{\circ} 4}{\text{Peso total}} * 100$$

$$\% \text{ Pasa } N^{\circ} 200 = \frac{\text{Masa total} - \text{Masa Retenido en el Tamiz } 0.074}{\text{Peso total}} * 100$$

$$\% \text{ Retenido } N^{\circ} 200 = \frac{\text{Masa Retenido en el tamiz } 0.074}{\text{Peso total}} * 100$$

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Masa Retenida	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
1 1/2"	38.100				100
1"	25.400	78.13	3	3	97
3/4"	19.050	14.59	1	3	97
1/2"	12.700	39.36	1	5	95
3/8"	9.525	14.61	1	5	95
1/4"	6.350	11.12	0	6	94
N° 4	4.760	5.41	0	6	94
N° 6	3.350	1.36	0.1	6.1	93.9
N° 8	2.360	2.59	0.3	6.4	93.7
N° 10	2.000	1.35	0.1	6.5	93.5
N° 16	1.180	3.72	0.4	6.9	93.1
N° 20	0.850	3.85	0.4	7.3	92.7
N° 30	0.600	6.53	0.7	8.0	92.0
N° 40	0.425	11.58	1.2	9.2	90.8
N° 50	0.300	16.54	1.7	10.9	89.1
N° 60	0.250	7.86	0.8	11.7	88.3
N° 80	0.180	15.77	1.7	13.4	86.6
N° 100	0.150	5.47	0.6	13.9	86.1
N° 200	0.074	18.49	1.9	15.9	84.1
Pasante		804.89	84.1	100.0	



CUADRO DE RESUMEN DEL ENSAYO GRANULOMÉTRICO													
Calicata	C-1		C-2			C-3		C-4		C-5			
Progresiva	113+000		114+000			115+000		116+000		117+000			
Estrato	E1	E2	E1	E2	E3	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E3	
% Rete.	3''- N°4	5.94	71.44	4.95	64.72	0.10	17.46	31.16	2.16	2.80	43.00	43.20	18.55
	N°4 - N°200	9.93	22.72	57.55	30.80	2.35	43.57	33.36	50.43	56.45	18.73	18.79	31.26
	<N° 200	84.13	5.84	37.50	4.48	97.55	38.97	35.48	47.41	40.75	38.27	38.01	50.19

Calicata	C-6		C-7		C-8		C-9			C-10		C-11		
Progresiva	118+000		119+000		120+000		121+000			122+000		123+000		
Estrato	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E3	E1	E2	E1	E2	
% Rete.	3''- N°4	7.48	32.71	0.39	0.95	10.16	10.51	3.34	0.03	0.01	61.29	0.01	29.11	0.01
	N°4 - N°200	48.83	43.04	27.65	28.18	37.17	42.61	18.31	46.34	53.55	28.78	75.75	27.4	91.3
	<N° 200	43.69	24.25	71.96	70.87	52.67	46.88	78.35	53.63	46.44	9.93	24.24	43.49	8.66



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

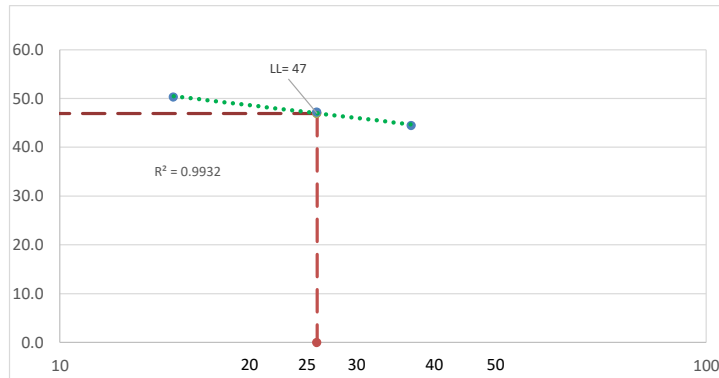
Tesis : Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza.

Ubicación : Tramo Chiriaco - Mesones Muro

Referencia : MTC E-110 y MTC E-111

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
Muestreada por	Yaneth Antia Yaun Diaz	Profundidad	0.05 - 1.50m
Calicata	Todas las calicatas	Fecha	30/12/2021

N° de Tarro (g)	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Límites de Consistencia	
	194	151	167	89	121		
Masa de Tarro + Suelo Humedo (g)	37.99	38.00	38.02	20.08	20.09	Límite Líquido:	47
Masa de Tarro + Suelo Seco (g)	32.82	33.05	33.26	18.57	18.58		
Masa de Tarro (g)	22.55	22.57	22.56	11.58	11.58	Límite Plástico:	22
Masa de Agua (g)	5.17	4.95	4.76	1.51	1.51		
Masa del Suelo Seco (g)	10.27	10.48	10.70	6.99	7.00	Índice de Plasticidad:	25
Contenido de Humedad (%)	50.34	47.23	44.49	21.60	21.57		
Numero de Golpes (g)	15	25	35	Promedio	22		



CUADRO DE RESUMEN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA												
Calicata	C-1		C-2			C-3		C-4		C-5		
	E1	E2	E1	E2	E3	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E3
Progresiva	113+000		114+000			115+000		116+000		117+000		
L.L. (%)	47	NP	21	NP	46	22	23	35	30	36	36	35
L.P. (%)	22	NP	13	NP	23	13	13	21	19	23	23	23
I.P. (%)	25	NP	8	NP	23	9	10	14	11	13	13	12

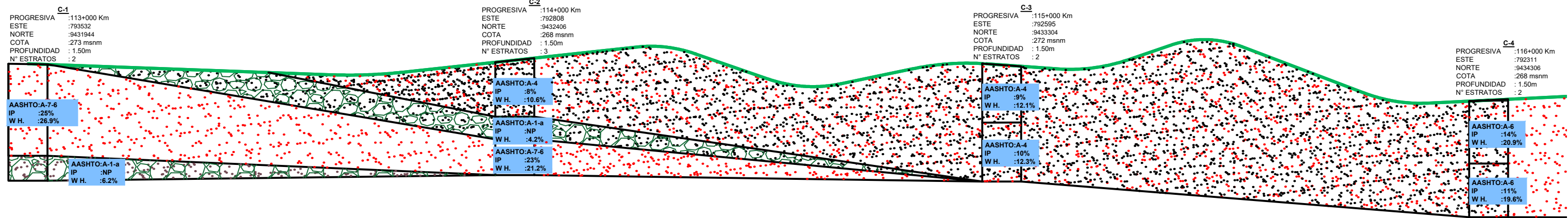
Calicata	C-6		C-7		C-8		C-9			C-10		C-11	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E3	E1	E2	E1	E2
Progresiva	118+000		119+000		120+000		121+000			122+000		123+000	
L.L. (%)	29	NP	36	40	32	31	49	35	34	NP	NP	36	NP
L.P. (%)	20	NP	22	24	13	23	30	23	22	NP	NP	21	NP
I.P. (%)	9	NP	14	16	19	8	19	12	12	NP	NP	15	NP

CUADRO DE RESUMEN DE LA CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS

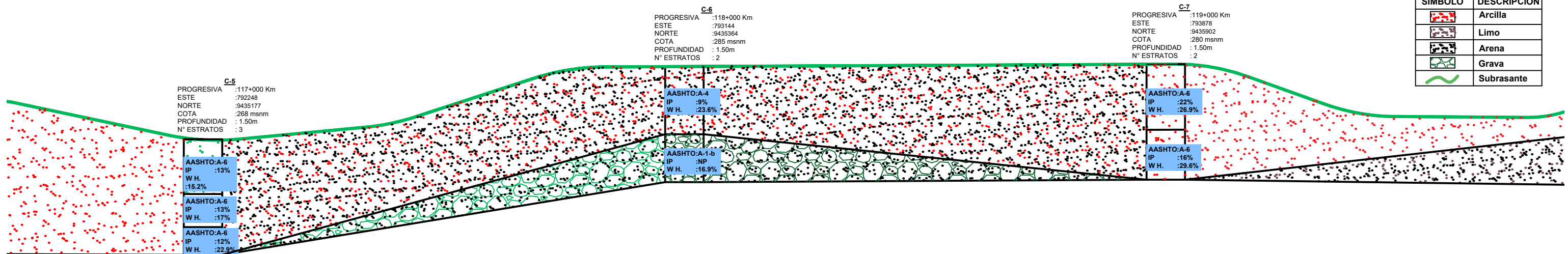
CALICATA	ESTRATO	I.G.	AASHTO	SUCS
C-1	E1	15	A-7-6	CL
	E2	0	A-1-a	GP-GM
C-2	E1	1	A-4	SC
	E2	0	A-1-a	GP
	E3	14	A-7-6	CL
C-3	E1	0	A-4	SC
	E2	1	A-4	SC
C-4	E1	3	A-6	SC
	E2	0	A-6	SC
C-5	E1	1	A-6	GC
	E2	1	A-6	GC
	E3	3	A-6	CL
C-6	E1	1	A-4	SC
	E2	0	A-1-b	SM
C-7	E1	8	A-6	CL
	E2	9	A-6	CL
C-8	E1	6	A-6	CL
	E2	2	A-4	SM
C-9	E1	13	A-7-5	ML
	E2	4	A-6	CL
	E3	2	A-6	SC
C-10	E1	0	A-1-b	GP-GM
	E2	0	A-2-4	SM
C-11	E1	2	A-6	GC
	E2	0	A-3	SP-SM

A.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PERFIL ESTRATIGRÁFICO: 113+000 Km- 116+00

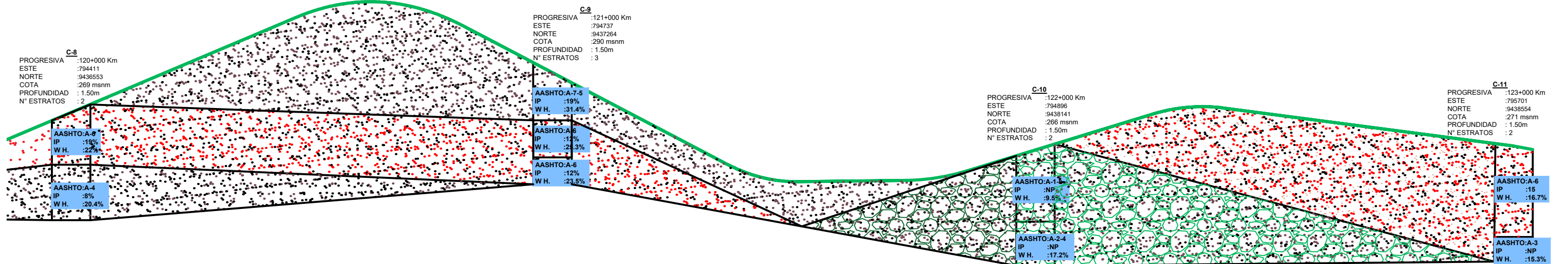


PERFIL ESTRATIGRÁFICO: 117+000 Km- 119+00



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Arcilla
	Limo
	Arena
	Grava
	Subrasante

PERFIL ESTRATIGRÁFICO: 121+000 Km- 123+00



**A.4 CUADRO DE RESUMEN DE LOS ENSAYOS
REALIZADOS PARA DETERMINAR LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



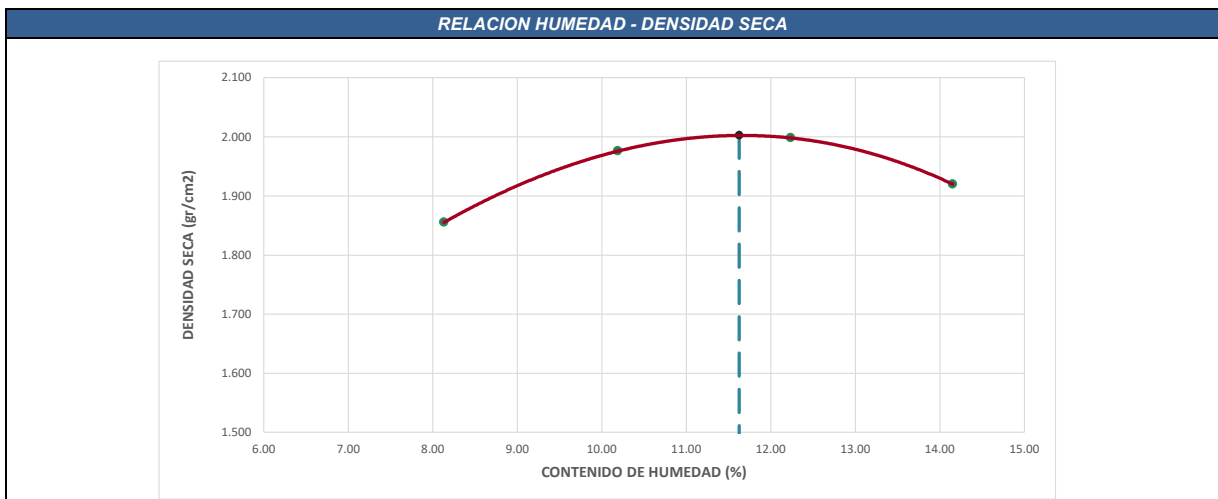
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Tesis : Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza.
Ubicación : Tramo Chiriaco - Mesones Muro
Referencia : MTC E-115

PROCTOR MODIFICADO			
Muestreada por	: Yaneth Antia Yaun Diaz	Profundidad:	0.05 - 1.50m
Calicata	: C-2,C-4,C-7 y C-9	Fecha	: 04/01/2022

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"	Volumen Molde		932	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	4019	gr.	N° de golpes	25Glp
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Masa Suelo + Molde	g	5,891	6,048	6,109	6,051				
Masa Suelo Humedo Compactado	g	1,866	2,029	2,090	2,038				
Masa Volumetrico Humedo	g	2,006	2,177	2,242	2,191				
Recipiente Numero		23	45	80	42				
Masa Suelo Humedo + Tara	g	2,283.4	2,254.2	2,319.4	2,262.1				
Masa Suelo Seco + Tara	g	2,128.1	2,066.4	2,091.7	2,010.1				
Masa de la Tara	g	218.8	223.0	230.5	229.3				
Masa del agua	g	155.3	187.8	227.7	252.0				
Masa del suelo seco	g	1,909	1,843	1,861	1,781				
Contenido de agua	%	8.13	10.19	12.23	14.15				
Densidad Seca	g/cm3	1.856	1.976	1.998	1.920				

RESULTADOS			
Densidad Máxima Seca	2.002	(gr/cm3)	Humedad óptima 11.63 %



CUADRO DE RESUMEN		
Calicata	Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	Contenido de humedad óptima (%)
C-2	2.002	11.63
C-4	1.850	15.42
C-7	1.715	19.28
C-9	1.792	18.47



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Tesis : Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza.

Ubicación : Tramo Chiriaco - Mesones Muro

Referencia : MTC E-132

CALCULO DE CBR

$$\text{Densidad Humeda} = \frac{\text{Masa Suelo Humedo}}{\text{Volumen de Molde}}$$

$$\text{Densidad Seca} = \frac{\text{Densidad Humeda}}{1 + \frac{\text{Contenido de humedad}}{100}}$$

$$\% \text{Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{L_1} * 100$$

Donde:
 L_1 = Lectura inicial en mm.
 L_2 = Lectura final en mm.

Muestreada por:	Yaneth Antia Yaun Diaz	Profundidad:	0.05 - 1.50m
Calicata	: C-2,C-4,C-7 y C-9	Fecha	: 14/01/2022

	4		5		12	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	4		5		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
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	9687.0	9728.0	9501.0	9859.0	9198.0	9544.0
Masa de molde (g)	4927.0	4927.0	5004.0	5004.0	4901.0	4901.0
Masa del suelo húmedo (g)	4760.0	4801.0	4497.0	4855.0	4297.0	4643.0
Volumen del molde (cm3)	2132.0	2132.0	2118.0	2118.0	2136.0	2136.0
Densidad húmeda (g/cm3)	2.233	2.252	2.123	2.292	2.012	2.174
Tara (N°)	17	317	84	72	38	42
Masa suelo húmedo + tara (g)	1,959.8	3,423.6	2,013.9	3,412.0	2,011.0	3,281.3
Masa suelo seco + tara (g)	1,779.4	3,042.1	1,823.9	2,981.0	1,825.8	2,848.0
Masa de tara (g)	228.1	228.1	220.7	223.0	230.5	229.3
Masa de agua (g)	180.4	381.5	190.0	431.0	185.2	433.3
Masa de suelo seco (g)	1551.3	2814.0	1603.2	2758.0	1595.3	2618.7
Contenido de humedad (%)	11.63	13.56	11.60	15.63	11.61	16.55
Densidad seca (g/cm3)	2.000	1.983	1.903	1.982	1.802	1.865

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/01/22	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
11/01/22	12:30	24	24	0.610	0.530	12	0.305	0.265	11	0.279	0.243
12/01/22	12:30	48	18	0.457	0.398	17	0.432	0.375	13	0.330	0.287
13/01/22	12:30	72	22	0.559	0.486	19	0.483	0.420	14	0.356	0.309
14/01/22	12:30	96	26	0.660	0.574	21	0.533	0.464	20	0.508	0.442

PENETRACIÓN

0		CARGA	MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-12	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN		
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		12.5	12.6			11.6	11.7			8.0	8.0		
1.270	0.050		29.1	29.1			27.3	27.4			18.2	18.2		
1.905	0.075		47.1	47.2			44.6	44.6			26.7	26.8		
2.540	0.100	70.455	71.2	71.3	133	9.4	60.1	60.1	117	8.3	36.3	36.4	83	5.9
3.810	0.150		136.1	136.2			111.3	111.3			78.8	78.9		
5.080	0.200	105.68	204.4	204.4	272	12.8	176.7	176.8	250	11.8	119.1	119.2	154	7.3
6.350	0.250		278.6	278.7			265.8	265.9			148.0	148.0		
7.620	0.300		349.6	349.6			328.1	328.2			182.0	182.1		
10.160	0.400		482.5	482.6			431.5	431.6			216.6	216.7		
12.700	0.500		603.4	603.4			514.5	514.6			267.7	267.8		



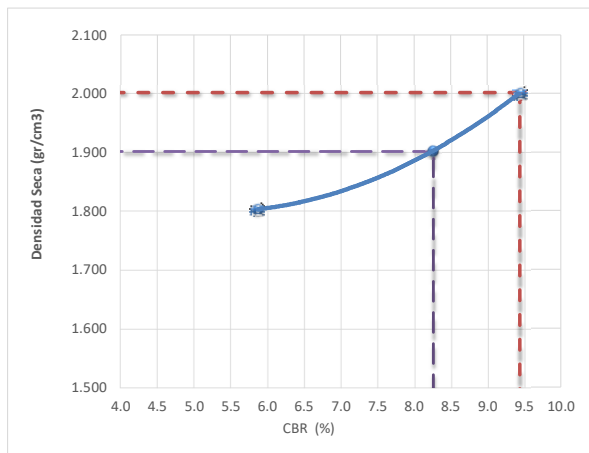
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Tesis : Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza.
Ubicación : Tramo Chiriaco - Mesones Muro
Referencia : MTC E-132

REPRESENTACION GRÁFICA DEL CBR

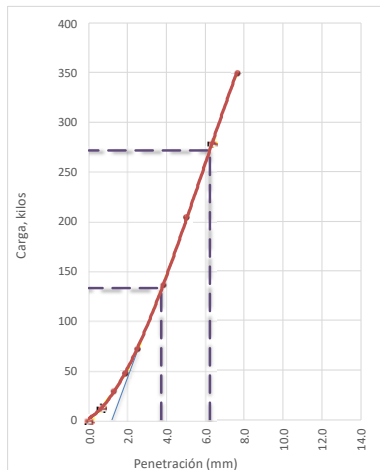


METODO DE COMPACTACION	:	MTC E-132
PESO UNITARIO SECO	:	2.002
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	11.63
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm³)	:	1.902

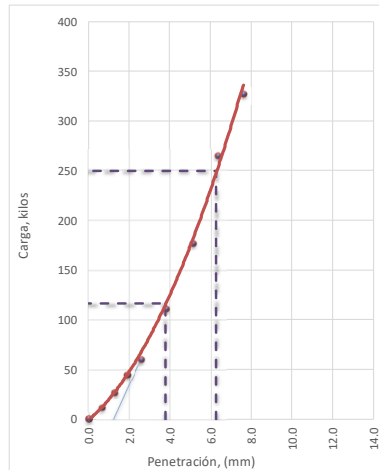
RESULTADOS:		
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	=	9.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	=	8.3 %

Molde	Máxima Densidad Seca	C.B.R. (%)
Molde 1	1.8	5.9
Molde 2	1.9	8.3
Molde 3	2.0	9.4

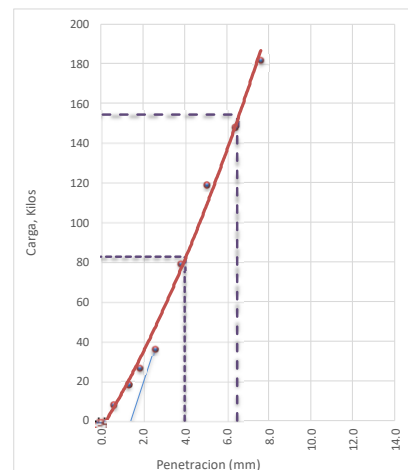
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CUADRO DE RESUMEN DEL CBR (%)				
Repeticiones	Calicatas			
	C-2	C-4	C-7	C-9
Repetición 01	8.30	5.70	6.50	6.70
Repetición 02	8.30	6.40	6.60	8.20
Repetición 03	7.90	5.00	5.00	6.00
Repetición 04	8.80	5.70	7.30	5.40

**A.5 CUADRO DE RESUMEN DEL ENSAYO CBR
CON LA APLICACIÓN DEL ADITIVO PROES**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Tesis : Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza.

Ubicación : Tramo Chiriaco - Mesones Muro

Referencia : MTC E-132

CALCULO DEL CBR

$$\text{Densidad Humeda} = \frac{\text{Masa Suelo Humedo}}{\text{Volumen de Molde}}$$

$$\text{Densidad Seca} = \frac{\text{Densidad Humeda}}{1 + \frac{\text{Contenido de humedad}}{100}}$$

$$\% \text{Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{L_1} * 100$$

Donde:

L_1 = Lectura inicial en mm.

L_2 = Lectura final en mm.

Muestreada por:	Yaneth Antia Yaun Diaz	Profundidad:	0.05 - 0.55m
Calicata	: C-2,C-4,C-7 y C-9	Fecha	: 11/02/2022

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	9765.0	9795.0	9563.0	9763.0	9198.0	9344.0
Masa de molde (g)	5021.0	5021.0	5070.0	5070.0	4901.0	4901.0
Masa del suelo húmedo (g)	4744.0	4774.0	4493.0	4693.0	4297.0	4443.0
Volumen del molde (cm3)	2124.0	2124.0	2119.0	2119.0	2136.0	2136.0
Densidad húmeda (g/cm3)	2.234	2.248	2.120	2.215	2.012	2.080
Tara (N°)	180	205	84	72	38	42
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,176.1	3,487.9	2,287.2	3,764.3	2,249.6	3,281.3
Masa suelo seco + tara (g)	1,973.4	3,142.6	2,071.9	3,365.1	2,038.4	2,916.2
Masa de tara (g)	230.5	230.4	218.8	230.8	222.4	225.3
Masa de agua (g)	202.7	345.3	215.3	399.2	211.2	365.1
Masa de suelo seco (g)	1742.9	2912.2	1853.1	3134.3	1816.0	2690.9
Contenido de humedad (%)	11.63	11.86	11.62	12.74	11.63	13.57
Densidad seca (g/cm3)	2.001	2.009	1.900	1.965	1.802	1.832

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/02/22	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
08/02/22	12:30	24	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
09/02/22	12:30	48	2	0.051	0.044	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
10/02/22	12:30	72	3	0.076	0.066	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
11/02/22	12:30	96	3	0.076	0.066	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000

PENETRACIÓN

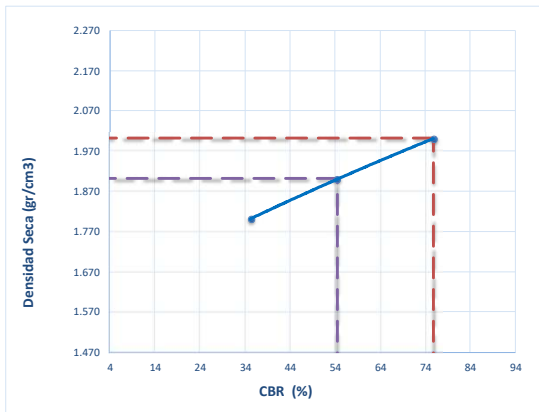
PENETRACIÓN		CARGA	MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		181.3	181.4			127.0	127.0			82.2	82.3		
1.270	0.050		522.8	522.9			329.8	329.9			138.8	138.9		
1.905	0.075		818.2	818.3			547.0	547.1			267.9	268.0		
2.540	0.100	70.455	1069.7	1069.8	-	75.8	768.0	768.1	-	54.4	467.1	467.2	499	35.3
3.810	0.150		1470.4	1470.5			1125.8	1125.8			808.0	808.1		
5.080	0.200	105.68	1787.5	1787.6	-	84.5	1452.1	1452.1	-	68.6	965.7	965.7	990	46.8
6.350	0.250		2079.2	2079.3			1747.8	1747.9			1207.3	1207.4		
7.620	0.300		2320.8	2320.9			2017.0	2017.1			1358.2	1358.3		
10.160	0.400		2737.9	2738.0			2524.8	2524.9			1566.3	1566.3		
12.700	0.500		3057.1	3057.1			2881.7	2881.8			1870.1	1870.2		



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Tesis : Influencia del aditivo Proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, Provincia de Bagua, Distrito de Imaza.
Ubicación : Tramo I Tramo Chiriaco - Mesones Muro
Referencia : MTC E-132

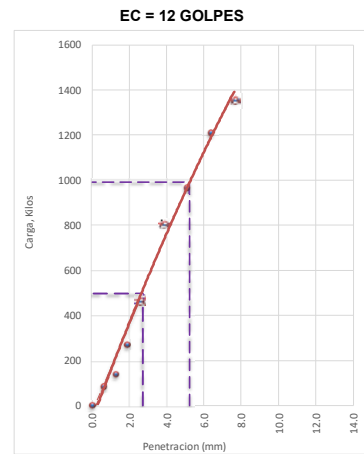
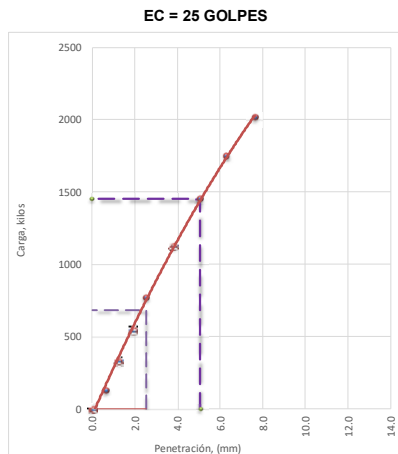
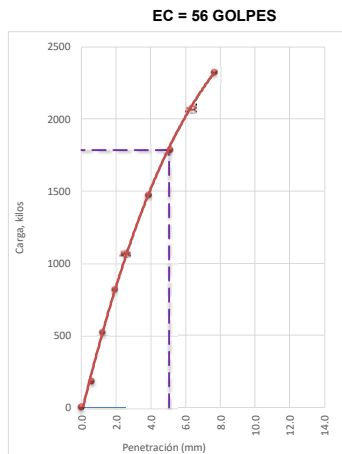
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	:	MTC E-132
PESO UNITARIO SECO	:	2.002
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	11.63
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	:	1.902

RESULTADOS:		
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	=	75.8 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	=	54.4 %

Molde	Máxima Densidad Seca	C.B.R. (%)
Molde 1	1.8	35.3
Molde 2	1.9	54.4
Molde 3	2.0	75.8



CUADRO DE RESUMEN DEL CBR (%)																
Repeticiones	Calcatas															
	0.22 lt/m3				0.26 lt/m3				0.30 lt/m3				0.34 lt/m3			
	C-2	C-4	C-7	C-9	C-2	C-4	C-7	C-9	C-2	C-4	C-7	C-9	C-2	C-4	C-7	C-9
Repetición 01	54.40	32.20	12.00	24.10	64.80	39.20	25.20	26.30	47.20	56.50	24.20	28.60	37.20	34.90	16.50	25.60
Repetición 02	51.50	35.80	15.60	27.60	61.20	36.30	29.80	22.90	46.90	59.40	20.90	30.80	36.70	32.50	20.40	28.40
Repetición 03	53.40	30.00	12.40	21.70	59.40	42.80	24.70	28.90	49.80	54.40	23.30	27.10	33.40	36.00	16.00	23.00
Repetición 04	52.30	36.00	16.00	26.50	69.30	41.50	28.40	22.30	50.50	57.80	27.50	31.50	40.20	36.10	20.00	27.10

ANEXOS B:

B.1 PLANOS

PLANTA: 113+000 - 114+000
SC:1/5000

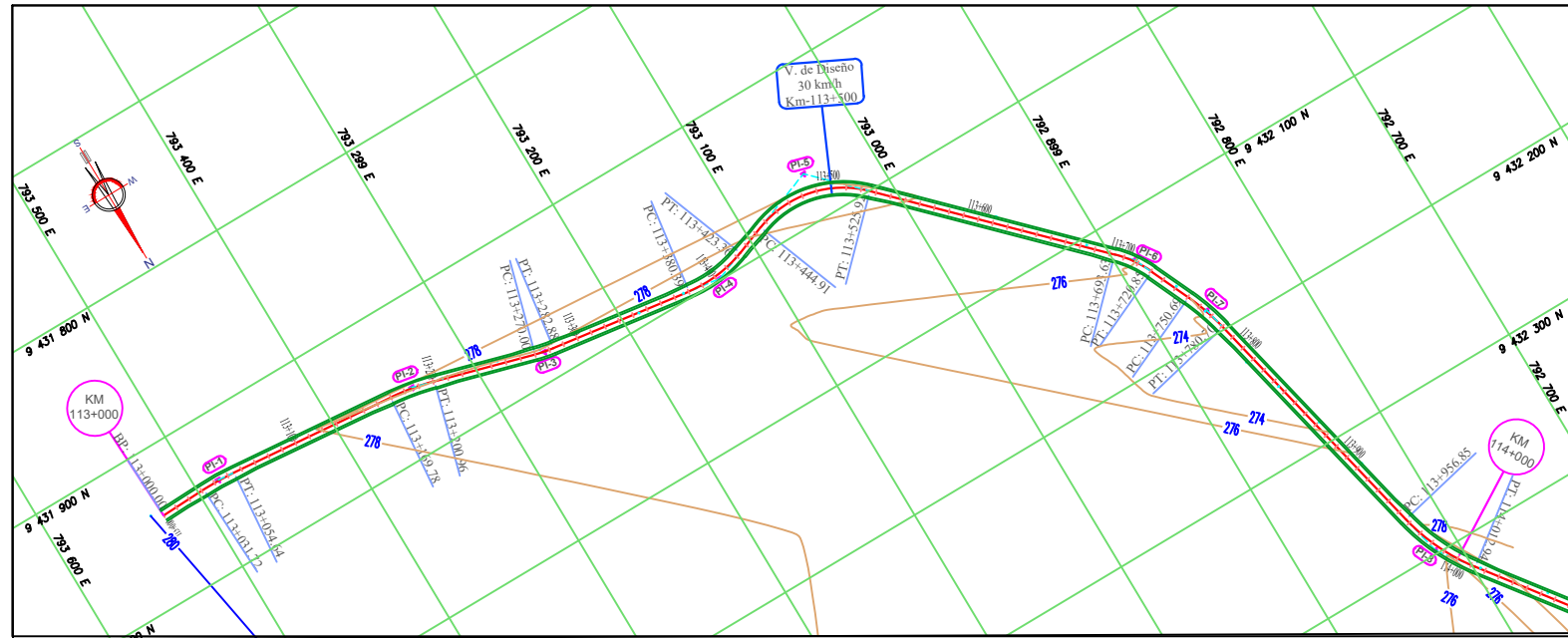
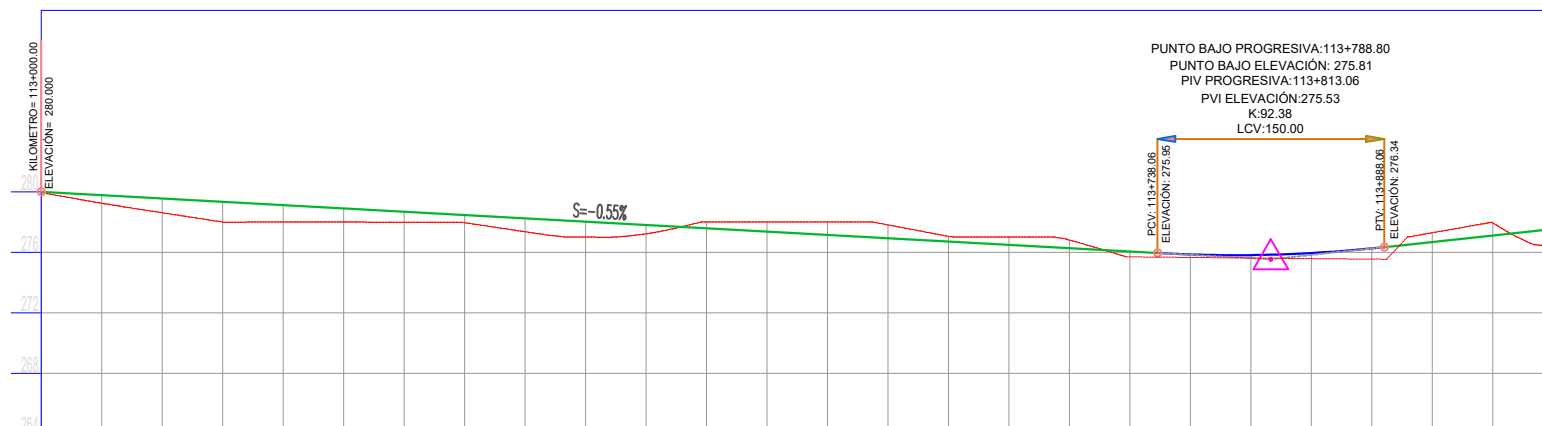


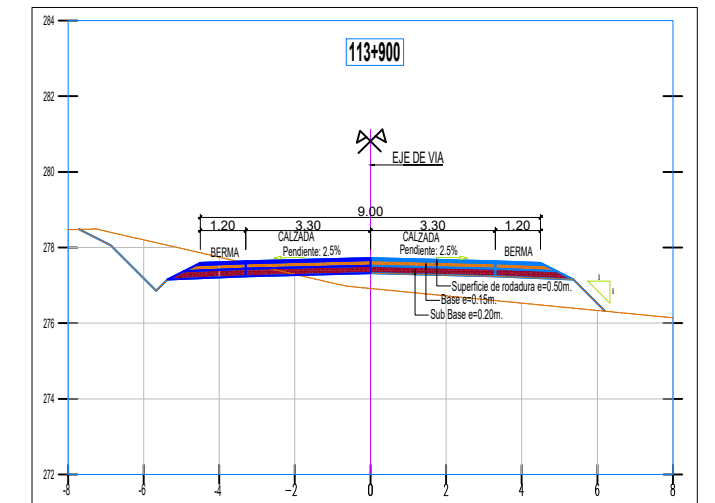
TABLA DE ELEMENTOS EN CURVA HORIZONTALES

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI-1	N88° 19' 32"W	7°25'42"	176.81	11.48	22.92	22.91	0.37	0.37	113+043.20	113+031.72	113+054.64	9431942.57	793484.31
PI-2	N79° 20' 44"W	10°31'53"	169.64	15.63	31.18	31.14	0.72	0.72	113+185.41	113+169.78	113+200.96	9431955.93	793342.69
PI-3	N77° 54' 53"W	7°40'10"	96.27	6.45	12.89	12.88	0.22	0.22	113+276.45	113+270.00	113+282.88	9431980.93	793255.06
PI-4	S83° 54' 22"W	28°41'19"	85.82	21.95	42.97	42.52	2.76	2.68	113+402.33	113+380.39	113+423.36	9431999.00	793130.46
PI-5	N77° 28' 05"W	65°56'23"	70.39	45.66	81.01	76.61	13.51	11.34	113+490.57	113+444.91	113+525.92	9431967.86	793046.92
PI-6	N34° 15' 18"W	20°29'12"	76.14	13.76	27.22	27.08	1.23	1.21	113+707.39	113+693.63	113+720.85	9432129.87	792887.73
PI-7	N18° 28' 41"W	11°20'01"	151.73	15.06	30.01	29.96	0.75	0.74	113+765.75	113+750.69	113+780.70	9432183.45	792863.86
PI-8	N24° 42' 19"W	24°03'16"	133.59	28.46	56.09	55.67	3.00	2.93	113+985.31	113+956.85	114+012.94	9432397.76	792815.65

PERFIL LONGITUDINAL : 113+000.00 - 114+000.00
ESCALA: 1:5000

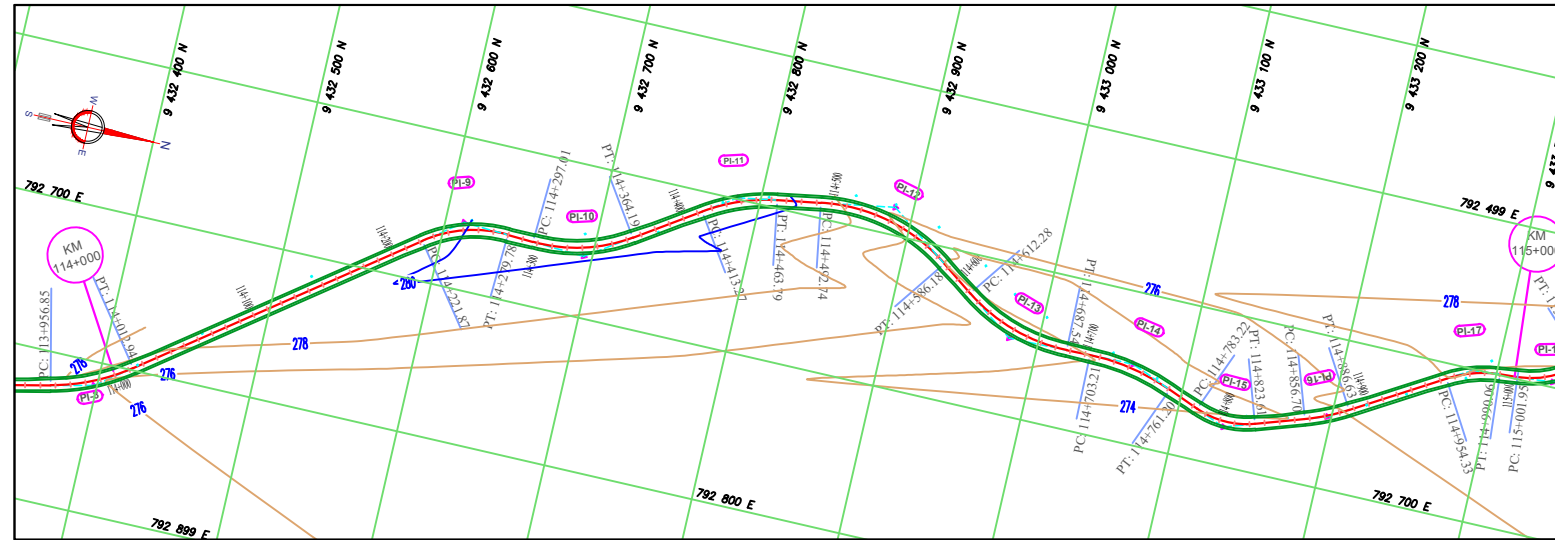


PROGRESIVA	113+000	113+040	113+080	113+120	113+160	113+200	113+240	113+280	113+320	113+360	113+400	113+440	113+480	113+520	113+560	113+600	113+640	113+680	113+720	113+760	113+800	113+840	113+880	113+920	113+960	114+000	
COTA TERRENO	279.95	279.24	278.61	278.00	277.39	276.78	276.17	275.56	274.95	274.34	273.73	273.12	272.51	271.90	271.29	270.68	270.07	270.46	270.85	271.24	271.63	272.02	272.41	272.80	273.19	273.58	273.97
COTA RASANTE	280.00	279.78	279.56	279.34	279.12	278.90	278.68	278.46	278.24	278.02	277.80	277.58	277.36	277.14	276.92	276.70	276.48	276.27	276.05	275.83	275.61	275.39	275.17	274.95	274.73	274.51	274.29
ALTURA DE CORTE											0.42	0.64	0.86	1.08	1.30	1.52	1.74	1.96	2.18	2.40	2.62	2.84	3.06	3.28	3.50	3.72	
ALTURA DE RELLENO	0.05	0.54	0.95	1.35	1.12	0.90	0.70	0.51	0.39	0.27	0.15	0.03	0.08	0.13	0.18	0.23	0.28	0.33	0.38	0.43	0.48	0.53	0.58	0.63	0.68	0.73	
ALINEAMIENTO	L=31.72m R=178.84m PI-1		L=115.13m R=198.84m PI-2		L=31.19m R=198.84m PI-3		L=49.04m R=198.84m PI-4		L=12.89m R=198.84m PI-5		L=97.51m R=198.84m PI-6		L=21.55m R=198.84m PI-7		L=81.01m R=198.84m PI-8		L=72.22m R=198.84m PI-9		L=29.96m R=198.84m PI-10		L=31.01m R=198.84m PI-11		L=13.72m R=198.84m PI-12		L=56.09m R=198.84m PI-13		
PENDIENTE	-0.55% EN 813.06m										1.07% EN 614.39m																



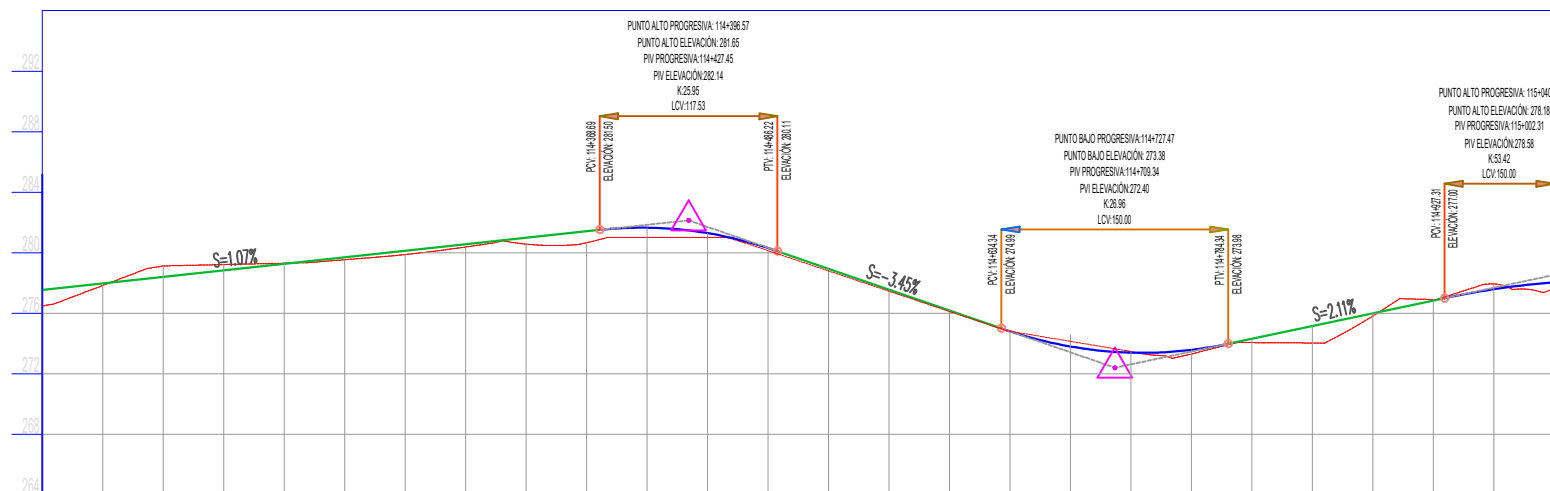
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Eje de la vía
	Berma
	PI

PLANTA: 113+000 - 114+000
SC:1/5000

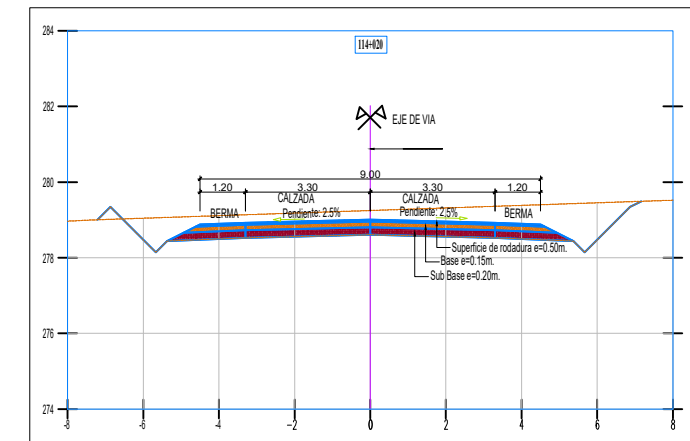


NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI-9	N16° 58' 59"W	39°29'56"	84.01	30.16	57.91	56.77	5.25	4.94	114+252.03	114+221.87	114+279.78	9432612.18	792655.63
PI-10	N15° 27' 14"W	36°26'26"	105.62	34.77	67.18	66.05	5.58	5.30	114+331.78	114+297.01	114+364.19	9432894.25	792659.60
PI-11	N21° 34' 21"W	24°12'12"	119.60	25.64	50.52	50.15	2.72	2.66	114+438.92	114+413.27	114+463.79	9432785.37	792598.89
PI-12	N13° 14' 32"E	45°25'33"	117.85	49.33	93.44	91.01	9.91	9.14	114+542.07	114+492.74	114+586.18	9432887.88	792581.79
PI-13	N17° 24' 59"E	37°04'38"	116.30	39.00	75.26	73.95	6.37	6.03	114+651.28	114+612.28	114+687.54	9432980.50	792648.97
PI-14	N10° 24' 46"E	23°04'11"	144.04	29.40	58.00	57.60	2.97	2.91	114+732.60	114+703.21	114+761.20	9433064.55	792647.33
PI-15	N1° 42' 12"E	40°29'18"	57.15	21.08	40.38	39.55	3.76	3.53	114+804.30	114+783.22	114+823.61	9433131.79	792674.42
PI-16	N24° 38' 27"W	12°12'01"	140.56	15.02	29.93	29.87	0.80	0.80	114+871.72	114+856.70	114+886.63	9433197.39	792652.42
PI-17	N17° 38' 30"W	26°11'55"	78.14	18.18	35.73	35.42	2.09	2.03	114+972.52	114+954.33	114+990.06	9433284.12	792600.84

PERFIL LONGITUDINAL : 114+000.00 - 115+000.00
ESCALA: 1:5000



PROGRESIVA	114+000	114+040	114+080	114+120	114+160	114+200	114+240	114+280	114+320	114+360	114+400	114+440	114+480	114+520	114+560	114+600	114+640	114+680	114+720	114+760	114+800	114+840	114+880	114+920	114+960	115+000		
COTA TERRENO	276.40	277.83	279.12	279.21	279.30	279.53	279.88	280.38	280.57	280.66	281.00	281.44	279.64	277.16	275.43	274.14	274.87	274.56	273.45	273.31	274.06	274.02	276.84	276.90	277.83	277.83	277.83	
CORA RASANTE	277.54	277.97	278.40	278.83	279.26	279.53	280.12	280.55	280.98	281.41	281.85	282.29	280.31	278.94	277.56	276.18	274.80	273.80	273.39	273.58	274.31	275.15	276.00	276.84	277.59	277.59	277.59	
ALTURA DE CORTE			0.72	0.38	0.04												0.07	0.76	0.06				0.06	0.35				
ALTURA DE RELLENO	1.06	0.14				0.16	0.25	0.17	0.41	0.76	0.65	0.29	0.67	1.78	2.12	2.03				0.27	0.25	1.13	0.18				0.40	
ALINEAMIENTO	L=33.9m R=33.9m PI-9	L=208.3m	L=51.9m R=84.0m PI-9	L=17.2m R=106.6m PI-10	L=40.0m R=119.8m PI-11	L=28.5m R=117.8m PI-12	L=26.1m R=116.3m PI-13	L=15.6m R=144.0m PI-14	L=22.0m R=140.5m PI-15	L=33.0m R=140.5m PI-16	L=47.0m R=140.5m PI-17	L=11.8m																
PENDIENTE	1.07% EN 614.39m										-3.45% EN 281.89m										2.11% EN 292.97m							



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Eje de la vía
	Berma
	PI

PLANTA: 115+000 - 116+000
SC:1/5000

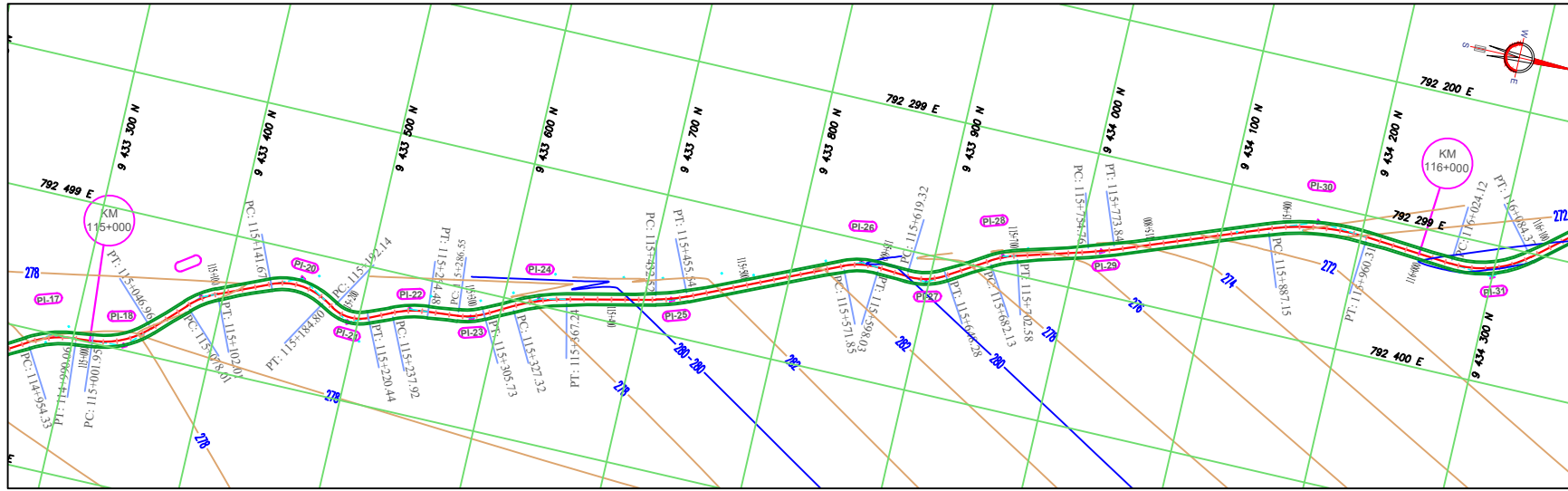
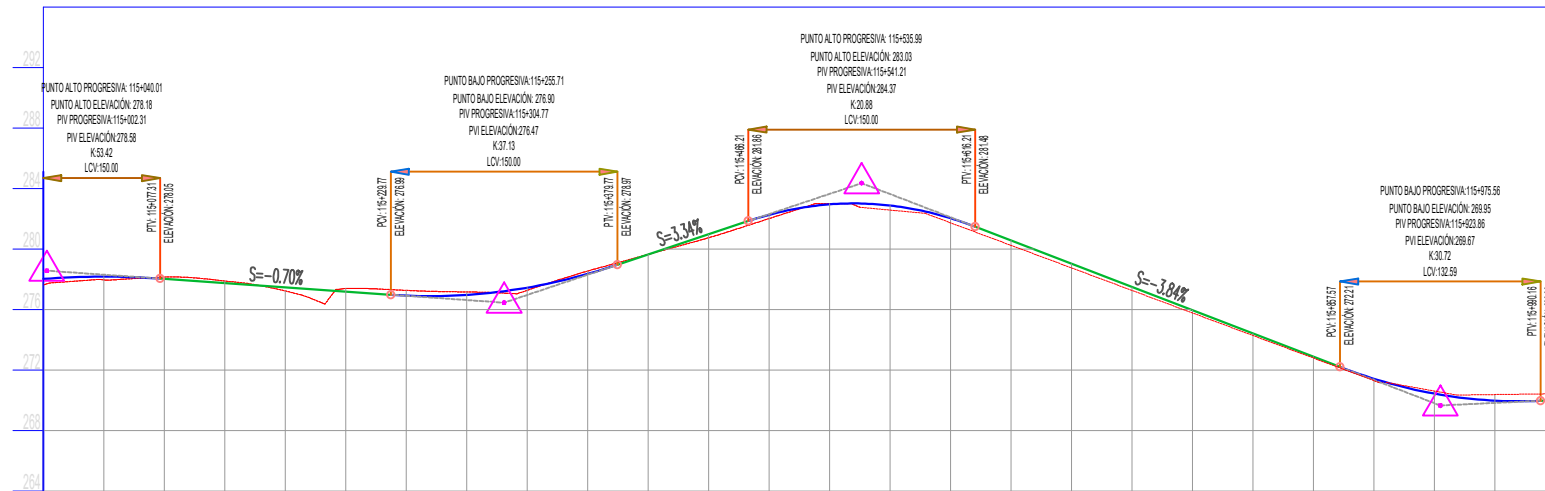


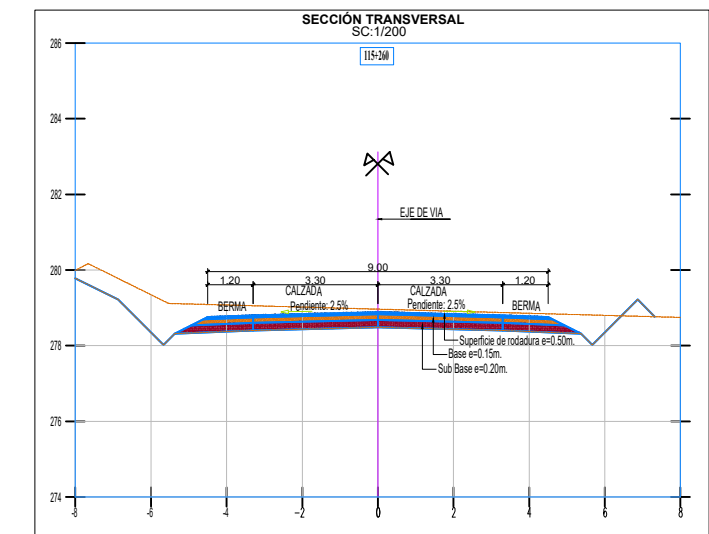
TABLA DE ELEMENTOS EN CURVA HORIZONTALES

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI-18	N24° 51' 57"W	40°38'47"	63.44	23.50	45.01	44.07	4.21	3.95	115+025.45	115+001.95	115+046.96	9433337.52	792596.60
PI-19	N34° 19' 43"W	21°43'15"	63.33	12.15	24.01	23.86	1.15	1.13	115+090.16	115+078.01	115+102.01	9433384.52	792549.28
PI-20	N3° 45' 33"E	54°27'16"	45.38	23.35	43.13	41.53	5.65	5.03	115+165.02	115+141.67	115+184.80	9433453.46	792519.35
PI-21	N3° 06' 23"E	55°45'36"	29.07	15.38	28.29	27.19	3.82	3.37	115+207.52	115+192.14	115+220.44	9433492.96	792543.08
PI-22	N14° 54' 47"W	19°43'16"	77.16	13.41	26.56	26.43	1.16	1.14	115+251.33	115+237.92	115+264.48	9433534.98	792523.69
PI-23	N16° 44' 41"W	23°23'04"	47.00	9.73	19.18	19.05	1.00	0.98	115+296.27	115+286.55	115+305.73	9433580.01	792519.71
PI-24	N20° 31' 49"W	15°48'49"	144.65	20.09	39.92	39.80	1.39	1.38	115+347.41	115+327.32	115+367.24	9433625.21	792495.23
PI-25	N18° 22' 32"W	11°30'15"	114.68	11.55	23.03	22.99	0.58	0.58	115+444.07	115+432.52	115+455.54	9433719.79	792474.05
PI-26	N10° 09' 08"W	27°57'02"	53.66	13.35	26.18	25.92	1.64	1.59	115+585.21	115+571.85	115+598.03	9433848.67	792416.32
PI-27	N13° 49' 40"W	35°18'06"	47.00	14.96	28.96	28.50	2.32	2.21	115+634.27	115+619.32	115+648.28	9433898.15	792419.63
PI-28	N23° 40' 02"W	15°37'22"	75.00	10.29	20.45	20.39	0.70	0.70	115+692.42	115+682.13	115+702.58	9433948.56	792388.77
PI-29	N18° 17' 05"W	4°51'29"	225.00	9.54	19.08	19.07	0.20	0.20	115+764.31	115+754.76	115+773.84	9434017.83	792369.09
PI-30	N8° 05' 57"W	25°13'46"	166.15	37.18	73.16	72.57	4.11	4.01	115+924.33	115+887.15	115+960.31	9434167.52	792312.49

PERFIL LONGITUDINAL : 115+000.00 - 116+000.00
ESCALA: 1:5000



PROGRESIVA	115+000	115+040	115+080	115+120	115+160	115+200	115+240	115+280	115+320	115+360	115+400	115+440	115+480	115+520	115+560	115+600	115+640	115+680	115+720	115+760	115+800	115+840	115+880	115+920	115+960	116+000	
COTA TERRENO	277.63	278.18	278.15	277.90	277.24	277.40	277.28	277.17	277.28	278.55	279.65	280.76	282.02	283.01	282.89	282.44	280.57	279.03	277.50	275.96	274.42	272.89	271.43	270.45	269.99	271.82	270.63
CORA RASANTE	278.63	278.18	278.04	277.76	277.48	277.20	276.93	276.98	277.46	278.36	279.65	280.98	282.27	282.96	282.89	282.04	280.57	279.03	277.50	275.96	274.42	272.89	271.43	270.45	269.99	271.82	270.63
ALTURA DE CORTE			0.12	0.15		0.20	0.34	0.19		0.19	0.01		0.04											1.36	1.83	0.41	
ALTURA DE RELLENO	0.40	0.20			0.24				0.18			0.23	0.25		1.14	1.61	1.28	1.43	1.29	0.89	0.72	0.72	0.26				
ALINEAMIENTO	L=43.0m R=43.0m Pv=18	L=24.0m R=43.3m Pv=19	L=31.0m R=31.0m Pv=19	L=38.85m R=38.85m Pv=20	L=43.13m R=43.13m Pv=20	L=28.28m R=28.28m Pv=21	L=28.28m R=28.28m Pv=21	L=28.28m R=28.28m Pv=22	L=18.18m R=18.18m Pv=22	L=38.92m R=38.92m Pv=23	L=45.27m R=45.27m Pv=24	L=23.03m R=23.03m Pv=25	L=116.30m R=116.30m Pv=26	L=28.70m R=28.70m Pv=27	L=28.98m R=28.98m Pv=27	L=47.00m R=47.00m Pv=28	L=33.88m R=33.88m Pv=28	L=42.18m R=42.18m Pv=29	L=52.18m R=52.18m Pv=29	L=113.30m R=113.30m Pv=30	L=73.16m R=73.16m Pv=30	L=146.31m R=146.31m Pv=30	L=43.82m R=43.82m Pv=30				
PENDIENTE			-0.70% EN 302.46m							3.34% EN 236.44m									-3.84% EN 382.66m						0.48% EN 436.25m		



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Eje de la vía
	Berma
	PI

PLANTA: 116+000 - 117+000
SC:1/5000

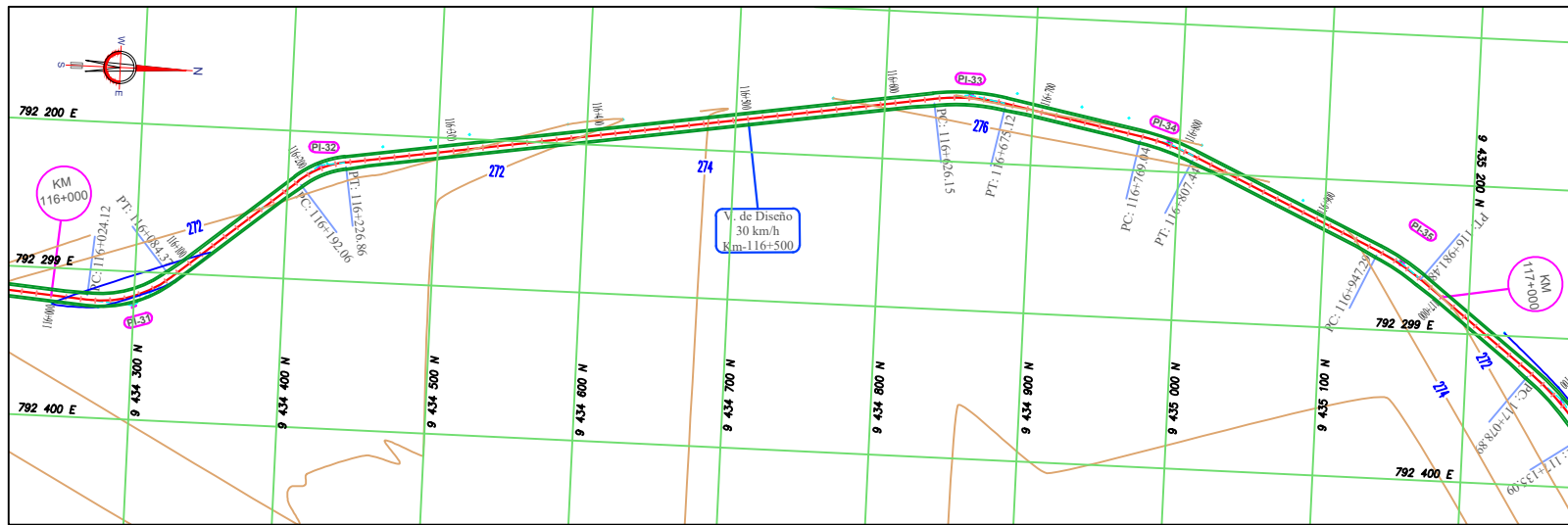
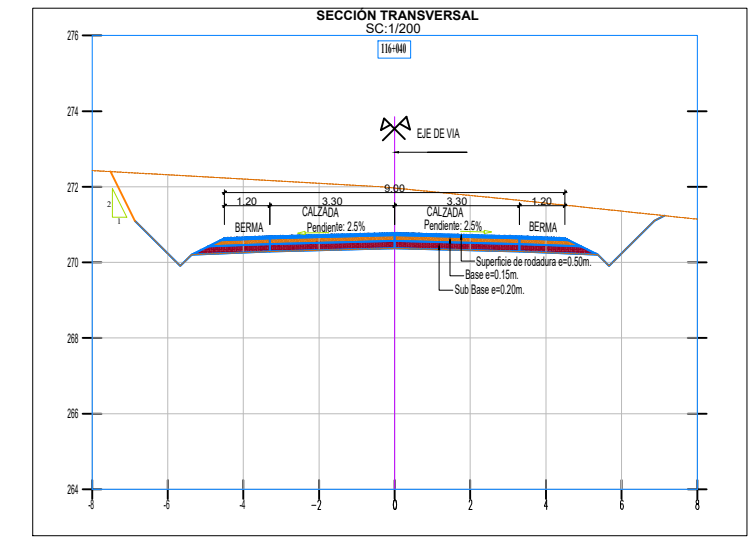
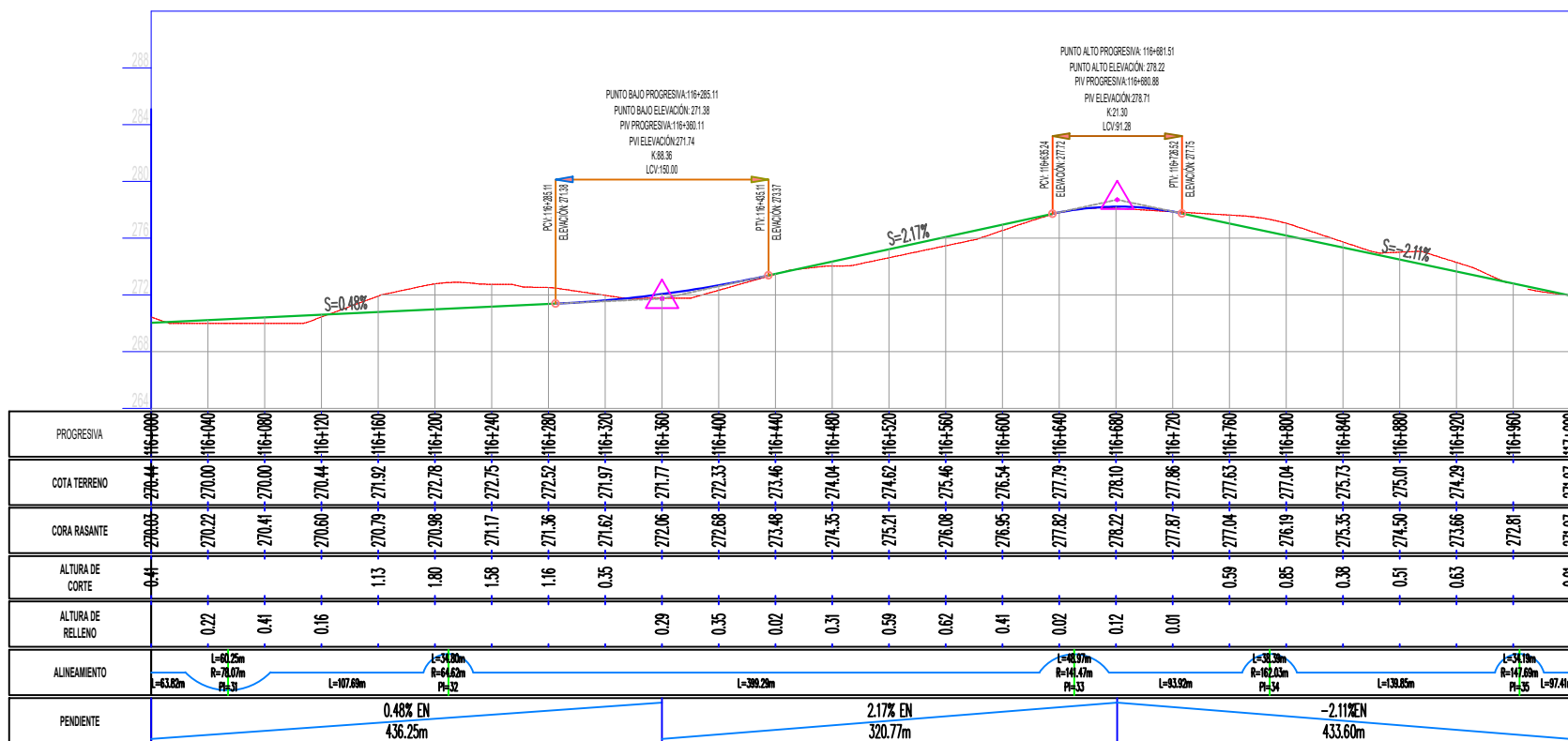


TABLA DE ELEMENTOS EN CURVA HORIZONTALES

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI-31	N17° 35' 40"W	44°13'12"	78.07	31.72	60.25	58.77	6.20	5.74	116+055.84	116+024.12	116+084.37	9434298.82	792322.94
PI-32	N24° 16' 44"W	30°51'04"	64.62	17.83	34.80	34.38	2.41	2.33	116+209.89	116+192.06	116+226.86	9434420.79	792222.49
PI-33	N1° 03' 50"E	19°50'06"	141.47	24.73	48.97	48.73	2.15	2.11	116+650.89	116+626.15	116+675.12	9434857.38	792154.49
PI-34	N17° 46' 10"E	13°34'34"	162.03	19.29	38.39	38.30	1.14	1.14	116+788.33	116+769.04	116+807.44	9434892.80	792180.76
PI-35	N31° 11' 21"E	13°15'47"	147.69	17.17	34.19	34.11	0.99	0.99	116+964.46	116+947.29	116+981.48	9435153.16	792254.04

PERFIL LONGITUDINAL : 116+000.00 - 117+000.00
ESCALA: 1:5000



LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Eje de la vía
	Berma
	PI

PLANTA: 117+000 - 118+000
SC:1/5000

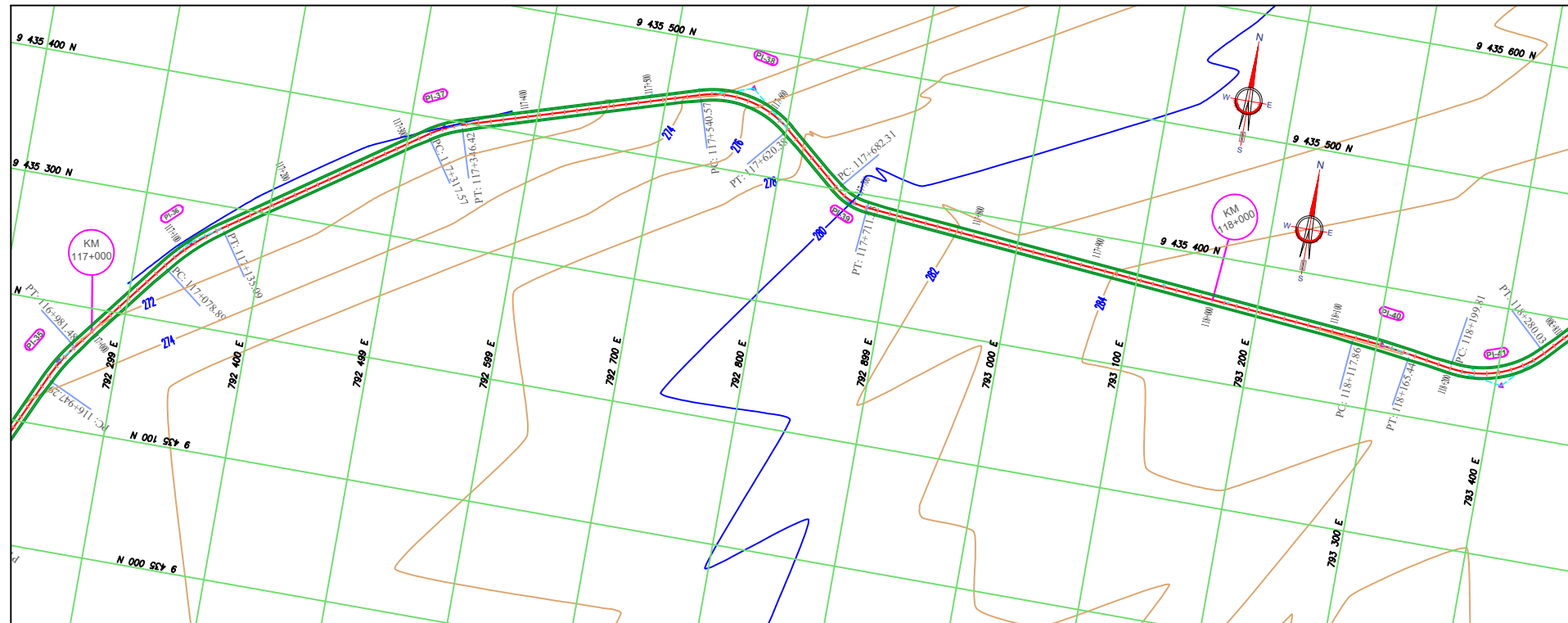
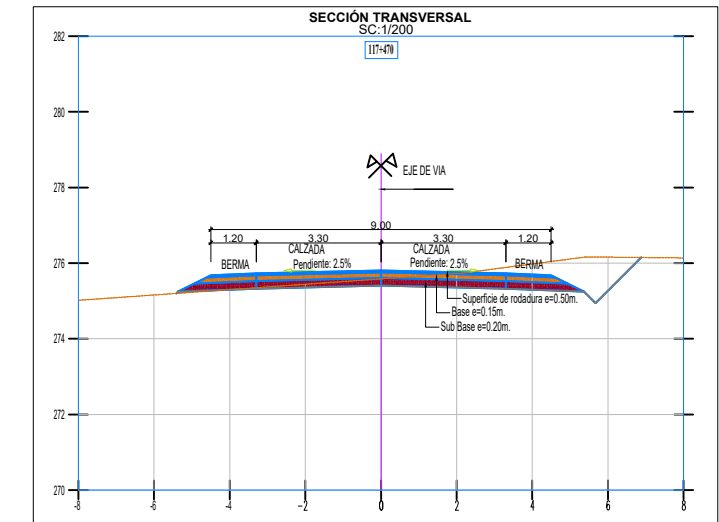
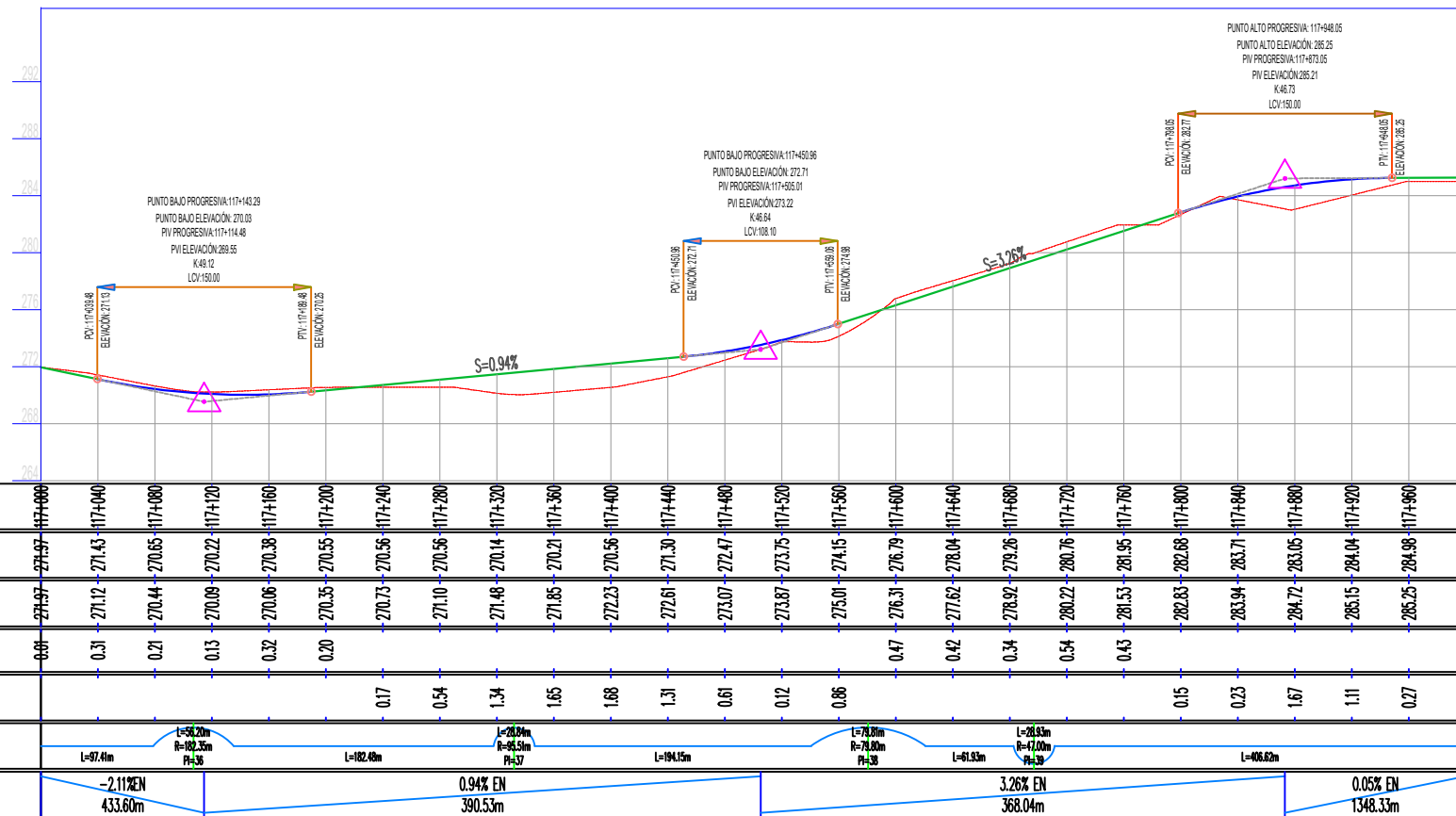


TABLA DE ELEMENTOS EN CURVA HORIZONTALES

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI-36	N46° 39' 00"E	17° 39' 31"	182.35	28.33	56.20	55.98	2.19	2.16	117+107.22	117+078.89	117+135.09	9435266.05	792341.67
PI-37	N64° 07' 49"E	17° 18' 08"	95.51	14.53	28.84	28.73	1.10	1.09	117+332.11	117+317.57	117+346.42	9435393.75	792527.33
PI-38	S78° 33' 57"E	57° 18' 20"	79.80	43.60	79.81	76.53	11.14	9.77	117+584.17	117+540.57	117+620.38	9435468.43	792768.31
PI-39	S67° 32' 47"E	35° 15' 59"	47.00	14.94	28.93	28.47	2.32	2.21	117+697.24	117+682.31	117+711.23	9435390.85	792860.47

PERFIL LONGITUDINAL : 117+000.00 - 118+000.00
ESCALA: 1:5000



LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Eje de la vía
	Berma
	PI

PLANTA: 118+000 - 119+000
SC:1/2000

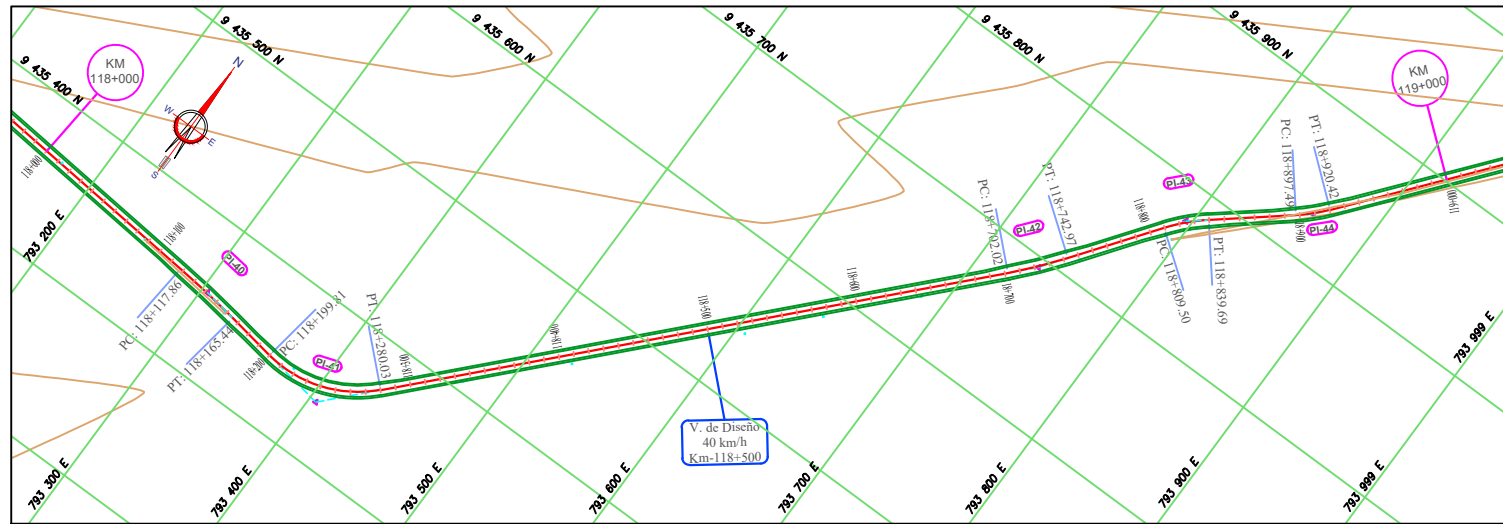
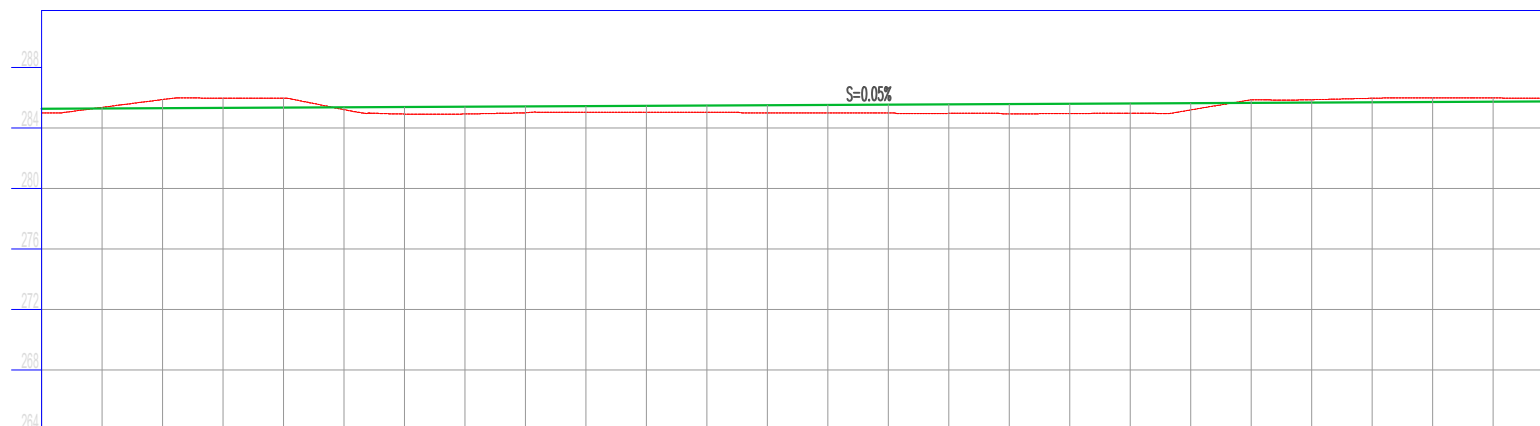


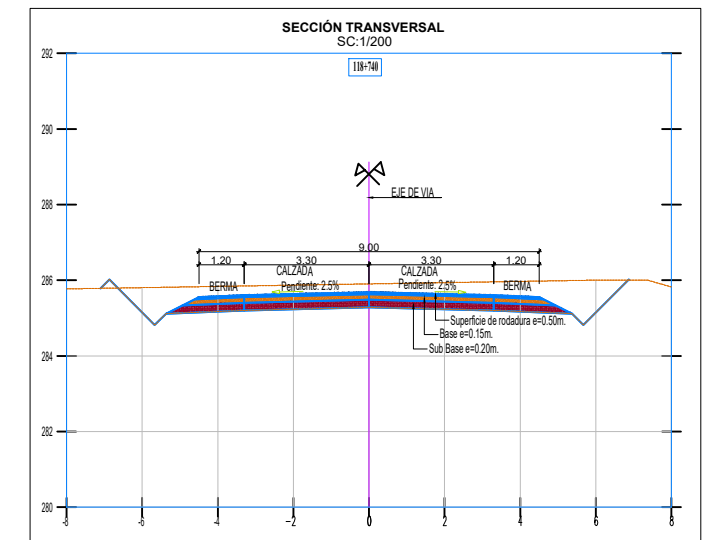
TABLA DE ELEMENTOS EN CURVA HORIZONTALES

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PIESTE
PI-40	S83° 10' 35"E	4°00'23"	680.54	23.80	47.59	47.58	0.42	0.42	118+141.66	118+117.86	118+165.44	9435353.43	793304.26
PI-41	N70° 52' 48"E	55°53'38"	82.23	43.63	80.22	77.08	10.86	9.59	118+243.44	118+199.81	118+280.03	9435337.81	793404.85
PI-42	N39° 31' 27"E	6°49'03"	344.18	20.50	40.95	40.93	0.61	0.61	118+722.52	118+702.02	118+742.97	9435683.72	793735.97
PI-43	N43° 15' 59"E	14°18'07"	120.93	15.17	30.19	30.11	0.95	0.94	118+824.67	118+809.50	118+839.69	9435776.28	793796.21
PI-44	N44° 38' 05"E	11°33'56"	113.60	11.50	22.93	22.89	0.58	0.58	118+908.99	118+897.49	118+920.42	9435830.11	793861.31

PERFIL LONGITUDINAL : 118+000.00 - 119+000.00
ESCALA: 1:5000



PROGRESIVA	118+000	118+040	118+080	118+120	118+160	118+200	118+240	118+280	118+320	118+360	118+400	118+440	118+480	118+520	118+560	118+600	118+640	118+680	118+720	118+760	118+800	118+840	118+880	118+920	118+960	119+000		
COTA TERRENO	284.99	285.36	285.08	285.97	285.98	285.21	284.92	284.83	285.01	285.04	285.05	285.04	285.00	285.00	285.54	284.96	284.83	284.96	284.97	285.19	285.87	285.87	285.97	286.00	285.99	285.96		
CORA RASANTE	285.27	285.29	285.31	285.33	285.35	285.37	285.39	285.40	285.42	285.44	285.46	285.48	285.50	285.52	285.54	285.56	285.58	285.60	285.62	285.63	285.65	285.67	285.69	285.71	285.73	285.75		
ALTURA DE CORTE		0.07	0.57	0.65	0.63																0.21	0.20	0.27	0.29	0.26	0.23		
ALTURA DE RELLENO	0.28					0.15	0.46	0.48	0.41	0.40	0.42	0.44	0.50	0.52	0.54	0.59	0.65	0.64	0.64	0.44								
ALINEAMIENTO	L=406.62m		L=41.52m R=49.54m P=40		L=34.37m		L=41.27m R=42.23m P=41		L=421.89m				L=40.65m R=34.18m P=42		L=64.53m		L=30.19m R=120.93m P=43		L=57.80m		L=23.80m R=113.60m P=44		L=148.53m					
PENDIENTE	0.05% EN 1348.33m																											



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Eje de la vía
	Berma
	PI

PLANTA: 119+000 - 120+000
SC:1/5000

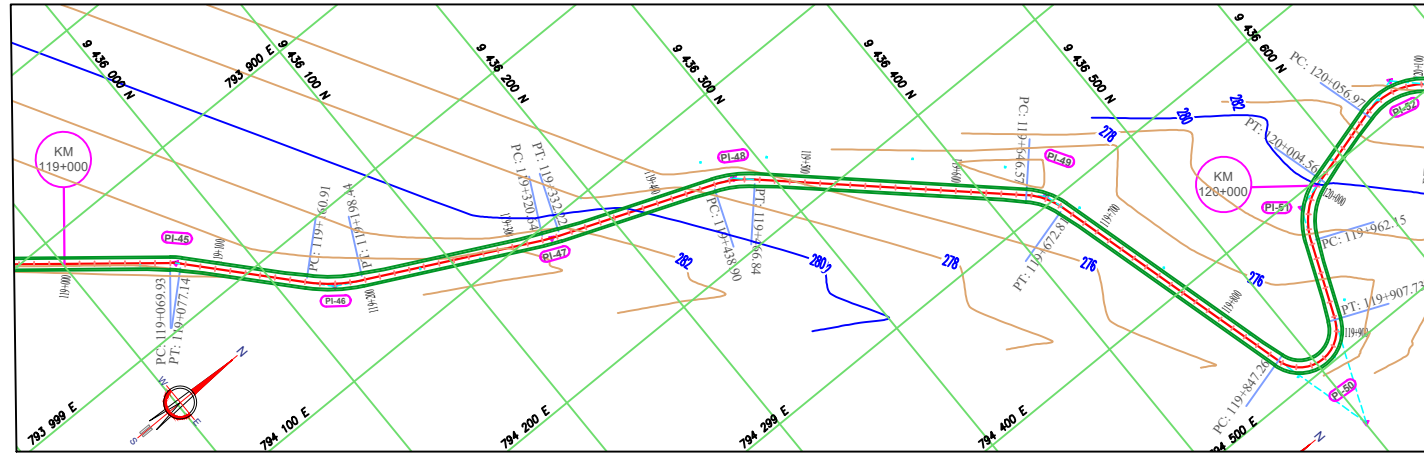
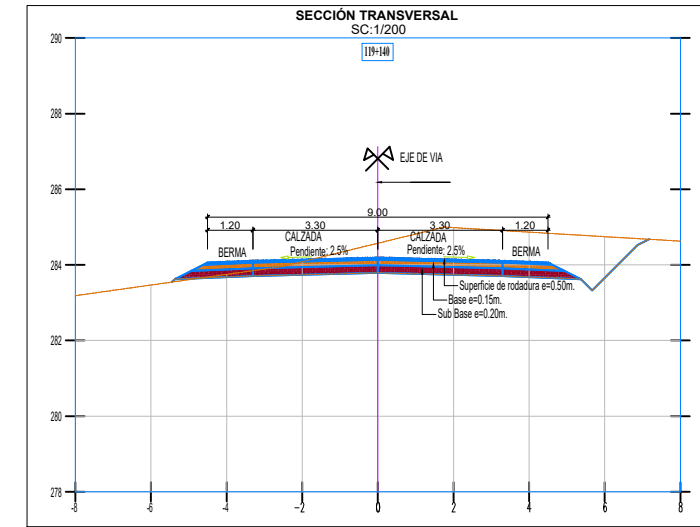
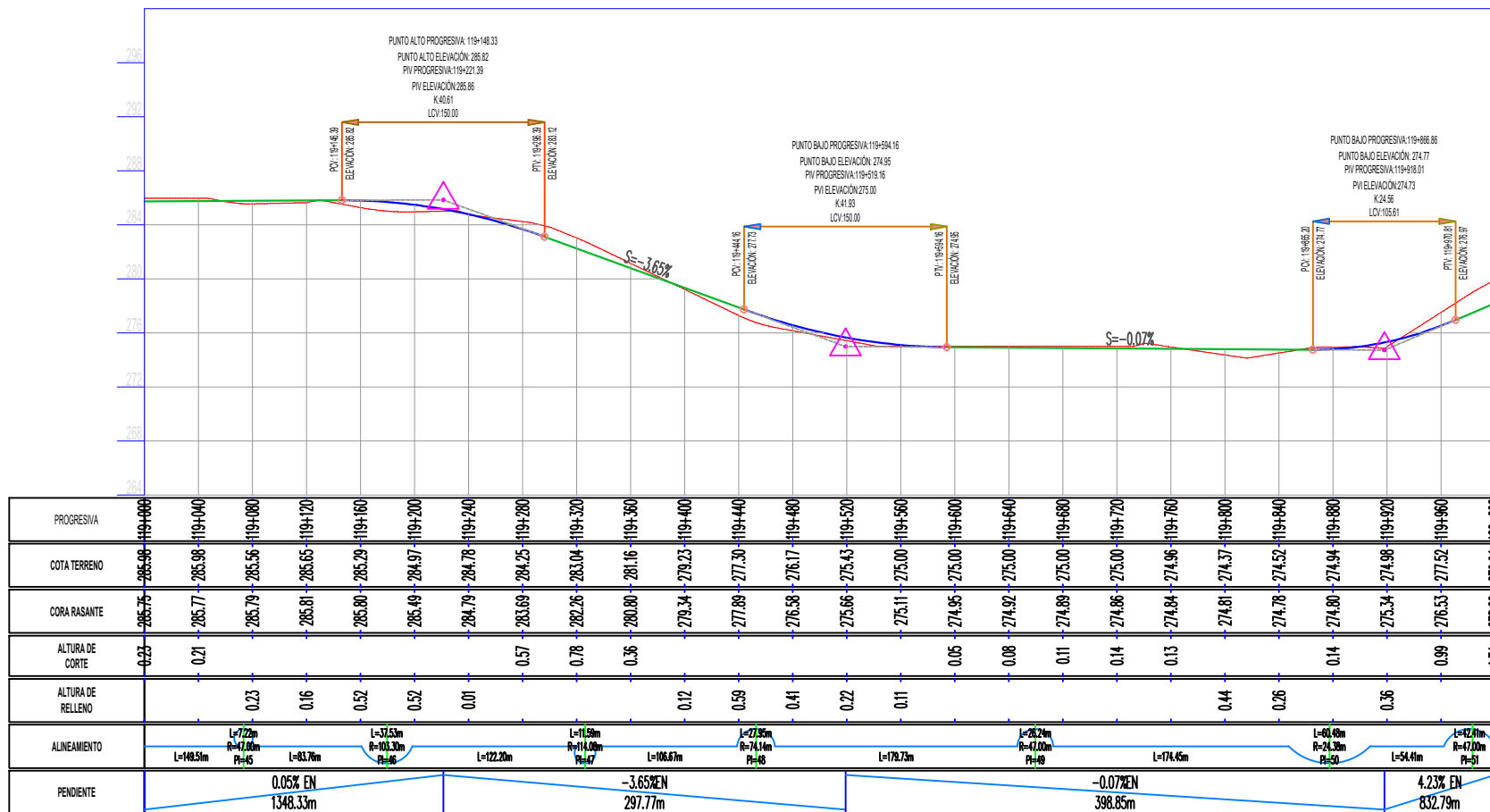


TABLA DE ELEMENTOS EN CURVA HORIZONTALES

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PIESTE
PI-45	N43° 15' 03"E	8°47'53"	47.00	3.62	7.22	7.21	0.14	0.14	119+073.54	119+069.93	119+077.14	9435958.32	793964.59
PI-46	N37° 14' 28"E	20°49'02"	103.30	18.97	37.53	37.33	1.73	1.70	119+179.88	119+160.91	119+198.44	9436029.96	794043.19
PI-47	N23° 55' 23"E	5°49'08"	114.08	5.80	11.59	11.58	0.15	0.15	119+326.44	119+320.64	119+332.22	9436161.11	794109.53
PI-48	N31° 48' 50"E	21°36'01"	74.14	14.14	27.95	27.78	1.34	1.31	119+453.04	119+438.90	119+466.84	9436279.30	794154.93
PI-49	N58° 36' 24"E	31°59'07"	47.00	13.47	26.24	25.90	1.89	1.82	119+660.05	119+646.57	119+672.81	9436431.89	794295.31
PI-50	N3° 32' 48"E	142°06'19"	24.38	71.03	60.48	46.12	50.71	16.47	119+918.29	119+847.26	119+907.73	9436500.66	794544.96
PI-51	N41° 39' 16"W	51°42'10"	47.00	22.77	42.41	40.99	5.23	4.70	119+984.92	119+962.15	120+004.56	9436557.36	794408.02

PERFIL LONGITUDINAL : 119+000.00 - 120+000.00
ESCALA: 1:5000



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Eje de la vía
	Berma
	PI

PLANTA: 120+000 - 121+000
SC:1/5000

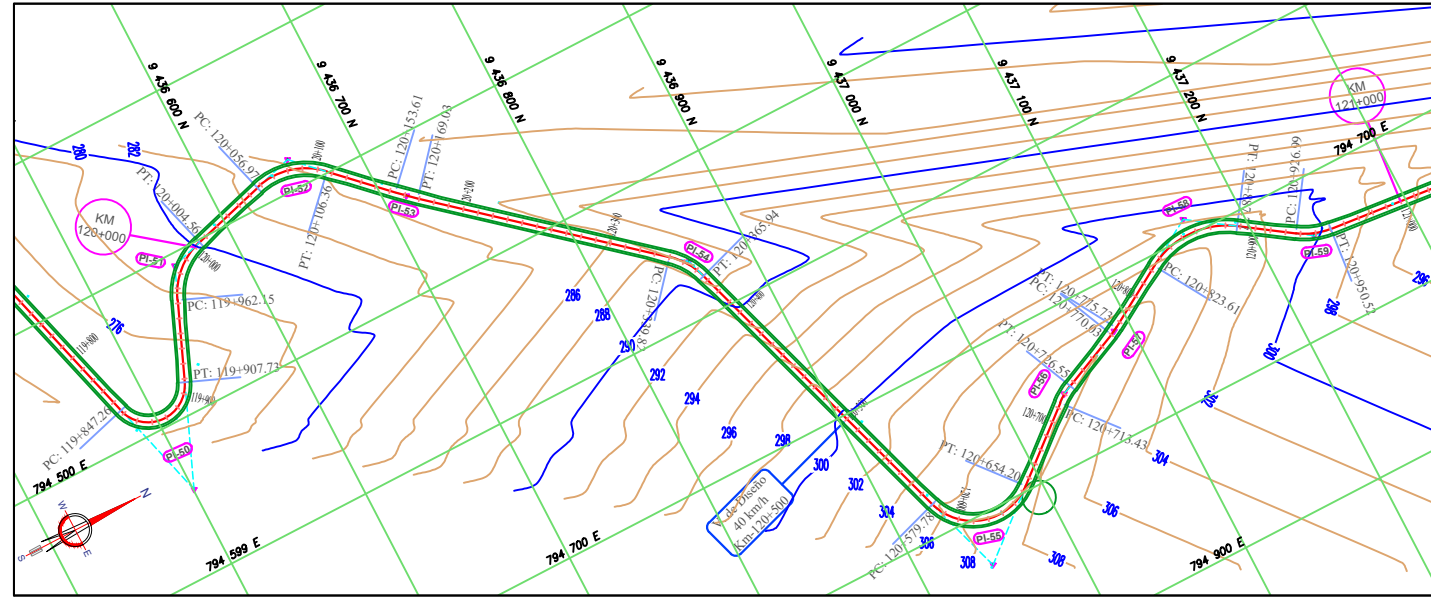
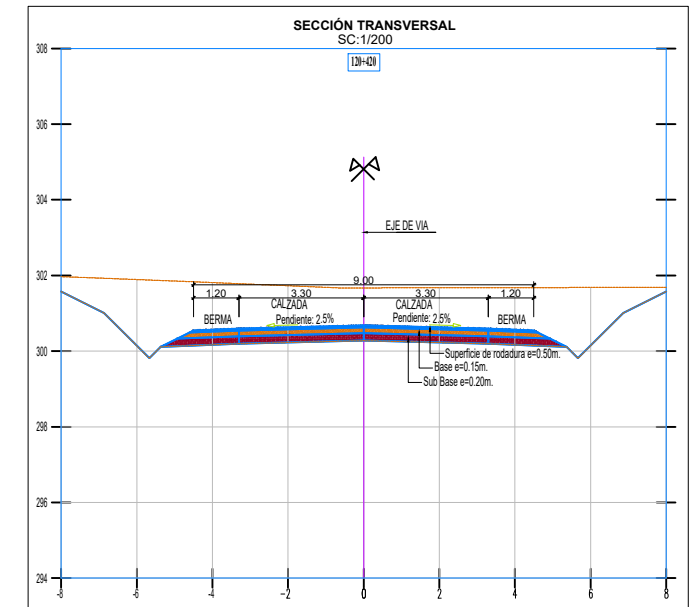
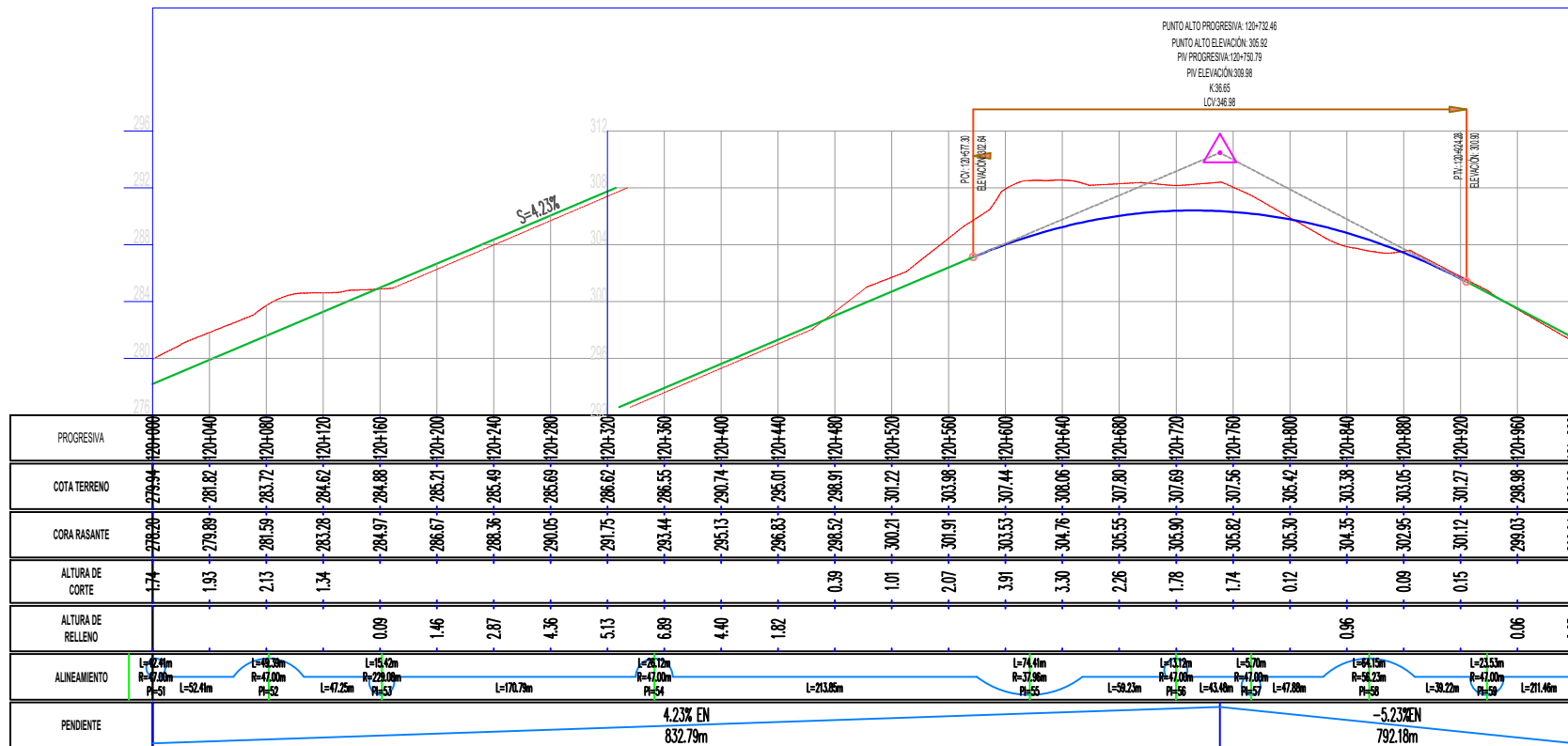


TABLA DE ELEMENTOS EN CURVA HORIZONTALES

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI-52	N14° 18' 00"E	60°12'23"	47.00	27.25	49.39	47.15	7.33	6.34	120+084.22	120+056.97	120+106.36	9436655.93	794380.12
PI-53	N42° 28' 32"E	3°5'12"1"	229.08	7.71	15.42	15.41	0.13	0.13	120+161.32	120+153.61	120+169.03	9436714.66	794437.65
PI-54	N56° 28' 09"E	31°50'35"	47.00	13.41	26.12	25.79	1.87	1.80	120+353.23	120+339.82	120+365.94	9436860.48	794562.40
PI-55	N16° 13' 50"E	112°19'14"	37.96	56.62	74.41	63.06	30.21	16.82	120+636.40	120+579.78	120+654.20	9436946.36	794832.97
PI-56	N31° 55' 48"W	15°59'59"	47.00	6.61	13.12	13.08	0.46	0.46	120+720.03	120+713.43	120+726.55	9437040.26	794754.38
PI-57	N27° 24' 18"W	6°57'00"	47.00	2.85	5.70	5.70	0.09	0.09	120+772.89	120+770.03	120+775.73	9437088.65	794732.90
PI-58	N1° 48' 13"E	65°22'01"	56.23	38.08	64.15	60.73	10.58	8.90	120+859.69	120+823.61	120+887.77	9437163.16	794688.35
PI-59	N20° 08' 40"E	28°41'07"	47.00	12.02	23.53	23.29	1.51	1.46	120+939.00	120+926.99	120+950.52	9437235.13	794737.79

PERFIL LONGITUDINAL : 120+000.00 - 121+000.00
ESCALA: 1:5000



LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Eje de la vía
	Berma
	PI

PLANTA: 121+000 - 122+000
SC:1/2000

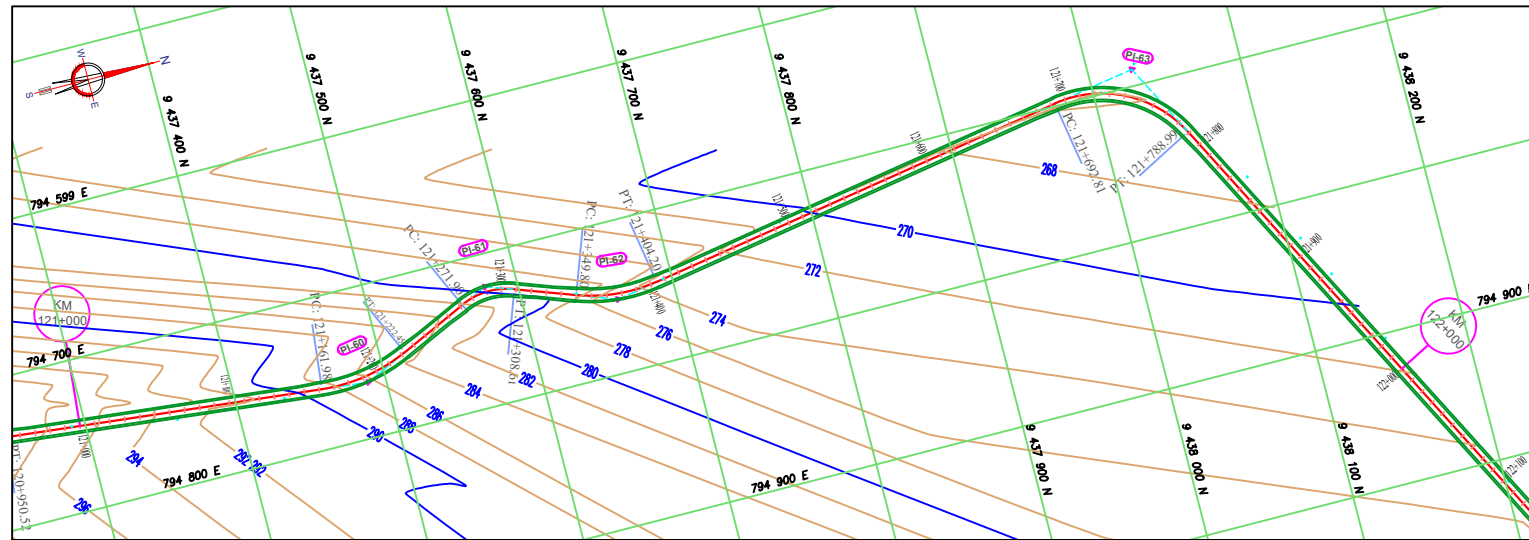
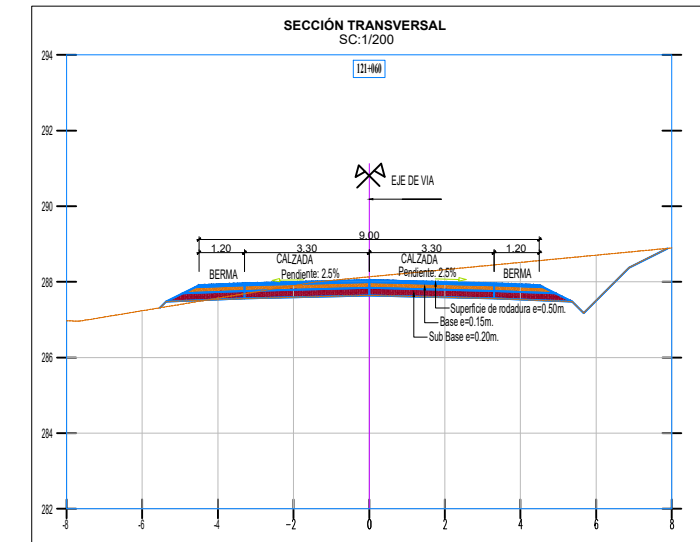
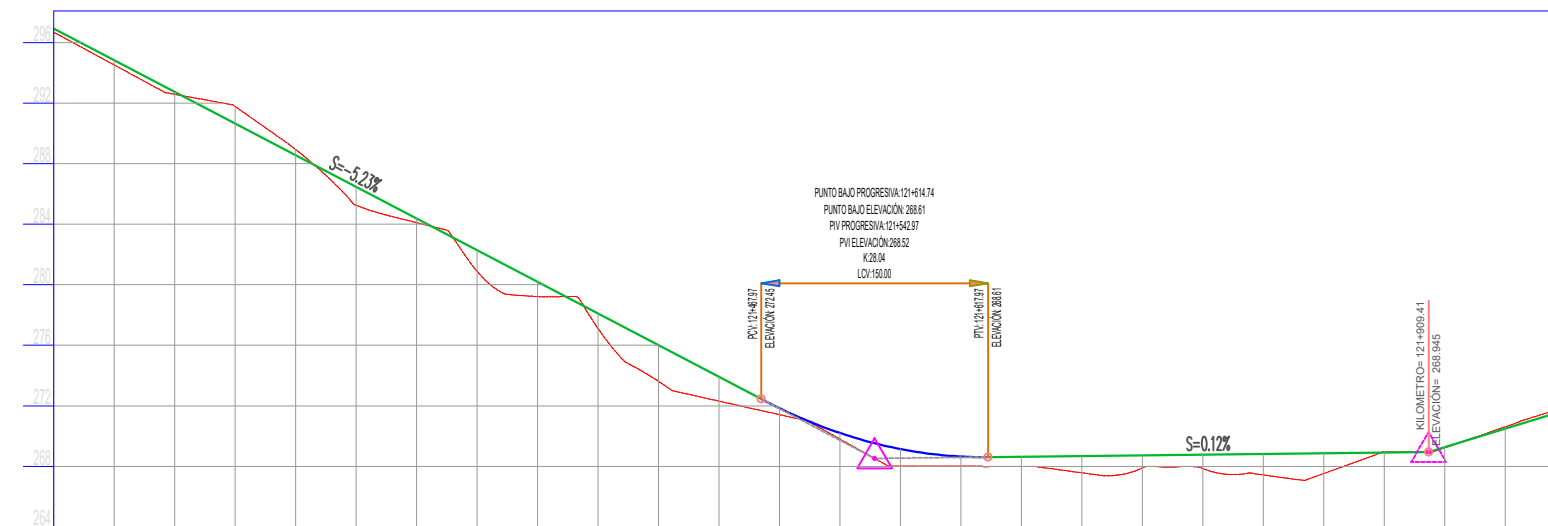


TABLA DE ELEMENTOS EN CURVA HORIZONTALES

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI-60	N9° 32' 12"W	30°40'37"	112.93	30.98	60.47	59.75	4.17	4.02	121+192.96	121+161.98	121+222.45	9437488.28	794763.51
PI-61	N2° 29' 58"W	44°45'06"	47.00	19.35	36.71	35.78	3.83	3.54	121+291.25	121+271.90	121+308.61	9437578.80	794721.54
PI-62	N5° 06' 24"E	29°32'22"	105.52	27.82	54.40	53.80	3.61	3.49	121+377.62	121+349.80	121+404.20	9437661.90	794751.58
PI-63	N26° 21' 20"E	72°02'12"	76.50	55.62	96.18	89.97	18.08	14.62	121+748.43	121+692.81	121+788.99	9438028.66	794689.13

PERFIL LONGITUDINAL : 121+000.00 - 122+000.00
ESCALA: 1:5000



PROGRESIVA	121+000	121+040	121+080	121+120	121+160	121+200	121+240	121+280	121+320	121+360	121+400	121+440	121+480	121+520	121+560	121+600	121+640	121+680	121+720	121+760	121+800	121+840	121+880	121+920	121+960	122+000						
COTA TERRENO	296.69	294.53	292.59	291.79	288.95	285.25	284.11	280.90	279.22	277.12	273.62	272.31	271.42	269.81	268.01	266.55	267.99	267.57	267.89	267.43	267.52	268.91	268.94	269.22	270.61	271.96						
CORA RASANTE	296.94	294.85	292.75	290.66	288.57	286.47	284.38	282.29	280.19	278.10	276.01	273.91	271.84	270.21	268.14	266.65	268.68	267.57	268.73	267.89	268.77	267.85	268.82	267.43	268.86	267.52	268.91	268.94	269.27	270.49	271.61	272.91
ALTURA DE CORTE				1.13	0.38																		0.03		0.12		0.20					
ALTURA DE RELLENO	0.25	0.31	0.16			1.23	0.27	1.39	0.97	0.98	2.39	1.60	0.43	0.40	1.13	0.63	0.84	1.11	0.84	0.92	1.39	1.35		0.05								
ALINEAMIENTO	L=211.6m		L=60.4m R=112.5m PI-60		L=60.4m R=112.5m PI-61		L=36.7m R=72.0m PI-62		L=41.0m		L=288.6m		L=96.18m R=188.5m PI-63		L=389.9m																	
PENDIENTE	-5.23% EN 792.18m										0.12% EN 366.44m										3.06% EN 520.61m											

LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Eje de la vía
	Berma
	PI

PLANTA: 122+000 - 123+000
SC:1/5000

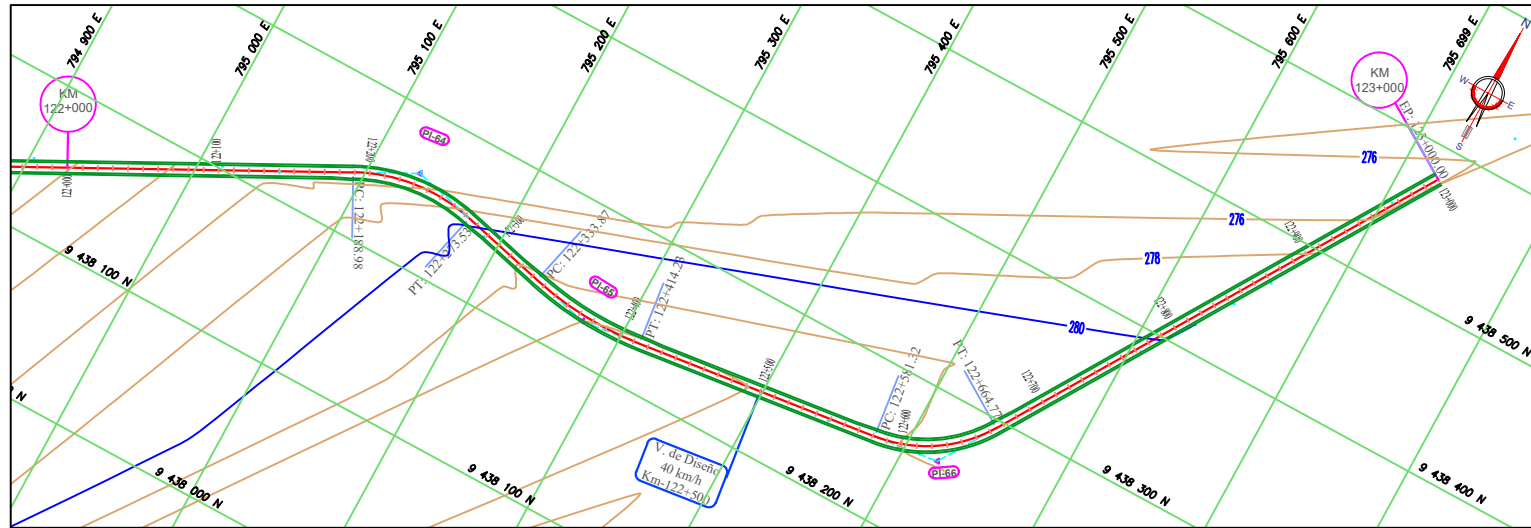
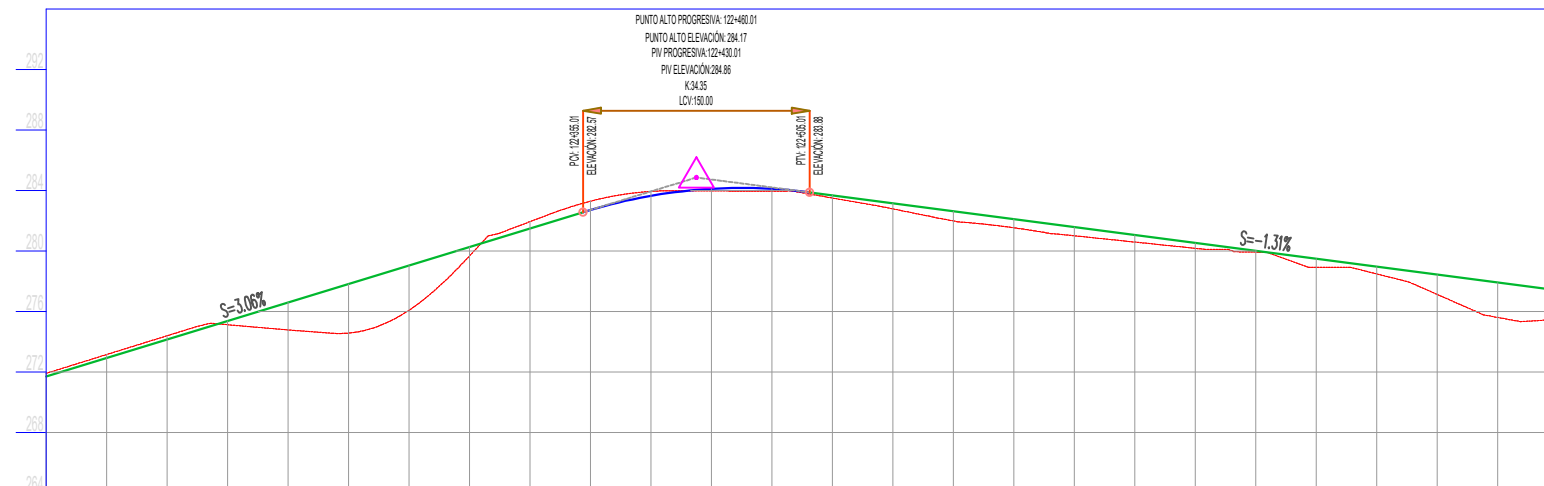


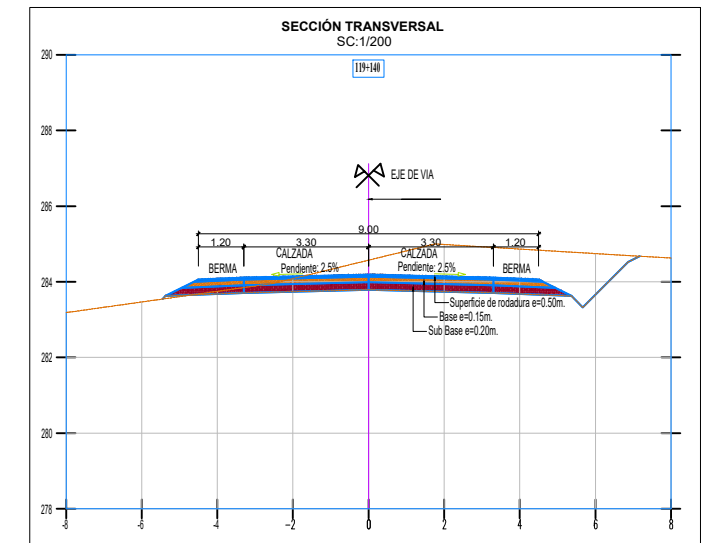
TABLA DE ELEMENTOS EN CURVA HORIZONTALES

NÚMERO PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PIESTE
PI-60	N8° 32' 12"W	30° 40' 37"	112.93	30.98	60.47	59.75	4.17	4.02	121+192.96	121+161.98	121+222.45	9437488.28	794763.51
PI-61	N2° 29' 58"W	44° 45' 06"	47.00	19.35	36.71	35.78	3.83	3.54	121+291.25	121+271.90	121+308.61	9437578.80	794721.54
PI-62	N5° 06' 24"E	29° 32' 22"	105.52	27.82	54.40	53.80	3.61	3.49	121+377.62	121+349.80	121+404.20	9437661.90	794751.58
PI-63	N26° 21' 20"E	72° 02' 12"	76.50	55.62	96.18	89.97	18.08	14.62	121+748.43	121+692.81	121+788.99	9438028.66	794689.13

PERFIL LONGITUDINAL : 122+000.00 - 123+000.00
ESCALA: 1:5000



PROGRESIVA	122+000	122+040	122+080	122+120	122+160	122+200	122+240	122+280	122+320	122+360	122+400	122+440	122+480	122+520	122+560	122+600	122+640	122+680	122+720	122+760	122+800	122+840	122+880	122+920	122+960	123+000
COTA TERRENO	271.91	273.16	274.40	275.13	274.78	274.58	276.09	279.68	281.94	283.29	283.94	283.97	283.95	283.50	282.78	282.63	281.54	281.58	281.06	280.53	280.01	279.49	278.96	278.44	277.91	277.39
CORA RASANTE	271.71	272.94	274.16	275.38	276.60	277.83	279.05	280.27	281.50	282.71	283.65	284.11	284.11	283.68	283.16	282.63	281.11	281.58	281.06	280.53	280.01	279.49	278.96	278.44	277.91	277.39
ALTURA DE CORTE	0.20	0.22	0.24	0.26	0.26	0.25	0.26	0.41	0.44	0.58	0.29	0.14	0.16	0.18	0.37	0.64	0.57	0.58	0.47	0.36	0.08	0.57	0.48	1.31	2.31	
ALTURA DE RELLENO																										1.82
ALINEAMIENTO	L=360.0m		L=40.0m R=17.0m P=45		L=60.0m		L=60.0m R=22.0m P=45		L=167.0m		L=63.0m R=13.0m P=45		L=135.23m													
PENDIENTE	3.06% EN 520.61m										-1.31% EN 676.10m															



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Curva Mayor
	Curva Menor
	Eje de la vía
	Berma
	PI

B.2 PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 01: Estudio de tránsito en la que identificó un Camión de 3 ejes



Fotografía 02: Estudio de tránsito en la que identificó un Semi Tráiler T3 S3



Fotografía 03: Estudio de tránsito en la que identificó un Camión de 2 ejes



Fotografía 04: Estudio de tránsito en la que identificó Combi



Fotografía 07: Verificación de la vía, en la cual se puede notar el deterioro de la carretera



Fotografía 08: Verificación de la vía, en la cual se puede presencia de baches en la carretera



Fotografía 09: Ejecución de la calicata 04 lado izquierdo de la vía, con una profundidad de 1.50 m



Fotografía 10: Ejecución de la calicata 05 lado derecho de la vía, con una profundidad de 1.50m



Fotografía 11: Ejecución de la calicata 07 lado izquierdo de la vía, con una profundidad de 1.50 m.



Fotografía 12: Ejecución de la calicata 07 lado izquierdo de la vía, con una profundidad de 1.50 m.



Fotografía 13: Cuarteo del espécimen de ensayo para el contenido de humedad.



Fotografía 14: Secado de la muestra para determinar el contenido de humedad.



Fotografía 15: Elaboración del ensayo de Límite plástico.



Fotografía 16: Elaboración del ensayo Límite líquido



Fotografía 17: Elaboración del ensayo granulométrico, en la cual se está realizando el tamizado



Fotografía 18: Se pesa las fracciones retenidas en el tamiz.



Fotografía 19: Elaboración del ensayo Proctor modificado, en la cual se está realizando la compactación



Fotografía 20: Elaboración del ensayo Proctor modificado, en la cual se está enrasando el molde



CBR natural(C2-E1)- Influencia del aditivo Proes

Fotografía 21: Elaboración del ensayo CBR, en la cual se está realizando la compactación



CBR natural(C2-E1)- Influencia del aditivo Proes

Fotografía 22: Se pesa el molde conjuntamente con el espécimen de ensayo compactado.



expansión 24horas - Influencia del aditivo Proes

Fotografía 23: Se realiza la medición de expansión cada 24 horas.



Penetración CBR

Fotografía 24: Se procede el ensayo de penetración.



C-01(0.22 lt/m3 Proes + 50 Kg/m3) - REPETICIÓN 01

Fotografía 25: Se pesa el aditivo sólido (cemento) para agregarle al espécimen de ensayo



C-01(0.22 lt/m3 Proes + 50 Kg/m3) - REPETICIÓN 01

Fotografía 26: Se añade el aditivo sólido (cemento) al espécimen de ensayo



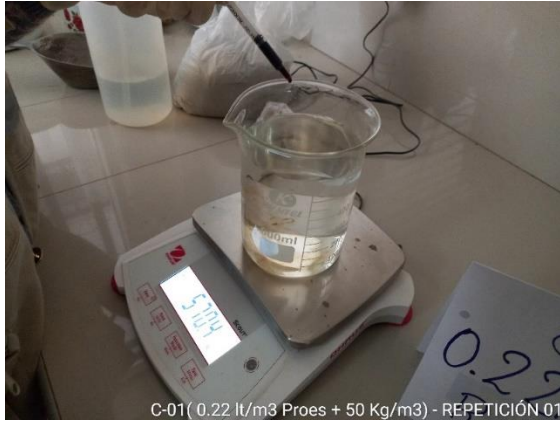
C-01(0.22 lt/m3 Proes + 50 Kg/m3) - REPETICIÓN 01

Fotografía 27: Se mezcla el aditivo sólido con el espécimen de ensayo.



C-01(0.22 lt/m3 Proes + 50 Kg/m3) - REPETICIÓN 01

Fotografía 28: Con la ayuda de una jeringa se mide la cantidad de dosificación del aditivo Proes que se utilizará.



Fotografía 29: se diluye el aditivo Proes en la cantidad determinada con el óptimo contenido de humedad.



Fotografía 30: se vierte la dilución sobre la combinación suelo-cemento.



Fotografía 31: se mezcla hasta obtener una humedad uniforme



Fotografía 32: se realiza la compactación del espécimen de ensayo mezclado con el aditivo Proes y el aditivo sólido



Control de expansión

Fotografía 33: Con el deformímetro de expansión graduado desde cero se mide la expansión inicial.



C-01 (0.22 lt/m3 Proes + 50 Kg/m3) - REPETICIÓN 01

Fotografía 34: se cubre con una bolsa para el curado, por un tiempo de 7 días.



Inicio de saturación - segundo grupo de moldes compactados

Fotografía 35: Con el deformímetro de expansión graduado desde cero se mide la expansión antes de iniciar con la saturación



Control de expansión - primer día de saturación

Fotografía 36: Se realiza la medición de expansión cada 24 horas.