



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y
GEOTÉCNICAS QUE INFLUYEN EN LA ESTABILIZACIÓN DE
SUELOS PARA PAVIMENTO BÁSICO. APLICADOS EN TRAMO
III (CHALLHUAHUACHO) – TRAMO V (ESPINAR).**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EDITH YESILA CHALCO ZAMATA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a dios, por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional, por ser mi guía en cada momento de mi vida, por darme la fuerza, salud y voluntad para seguir adelante y poder alcanzar mis metas y obtener uno de los anhelos más deseados.

Esta tesis está dedicada a la memoria de mi querida madre Marcelina Zamata Flores quien ilumina mi camino, a pesar de nuestra distancia física, siento que está conmigo siempre, aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntas, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí, a mi querido padre Mario Chalco Ccoya por haberme apoyado en todo momento del camino de mi vida, por confiar y creer en mí, por los consejos, por todo su esfuerzo, trabajo, sacrificios, amor, cariño y paciencia en todo estos años me han permitido cumplir hoy un sueño más, por inculcar en mi ejemplo de esfuerzo, valentía, buenos valores y principios, de no temer las adversidades porque dios y mi madre están siempre conmigo. gracias a ti he logrado llegar hasta aquí

A mi abuelita Rafaela Flores Huayta a quien quiero como una madre por compartir momentos significativos conmigo, por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento, por ser mi cómplice en todo, por su comprensión, por su cariño, amor.

A mis hermanas Friseyda, Gladys y a mi hermano Adderly, a las que quiero mucho, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento. durante todo este proceso de mi vida, consejos y palabras de aliento que hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas

Al ingeniero Melvin Vásquez Concha por su apoyo, conocimientos compartidos y consejos para que este trabajo se realice con éxito.

Edith Chalco



AGRADECIMIENTO

Agradecer A Dios, por darme el don de la inteligencia y la sabiduría para enfrentar los obstáculos presentados durante mi vida universitaria.

Expresar mi especial agradecimiento a mi alma mater y mentora que es la Universidad Nacional Del Altiplano de Puno, facultad de ingeniería geológica y metalúrgica, en especial a la escuela profesional de ingeniería geológica, por darme la oportunidad de alcanzar una meta tan anhelada.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por haber compartido sus conocimientos, experiencias, consejos a lo largo de mi formación profesional.

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres y tristes de mi vida. Estas palabras son para ustedes.

Con profundo y sincero agradecimiento a mi padre Mario Chalco Ccoya por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me ha tenido. No tengo palabras para agradecerle las incontables veces que me ha brindado su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas, otras locas. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano

Asimismo, agradezco infinitamente a mis hermanas Friseyda, Gladys y hermano Adderly por sus palabras, consejos, ánimos y apoyo incondicional para continuar en este camino de mi vida.

Con profundo y sincero agradecimiento al Ing. Melvin Vásquez Concha “Jefe del área de control de calidad de suelos y pavimentos de la empresa Consorcio Vial Sierra del proyecto: “CORREDOR VIAL EMP.PE-3S (DV. ABANCAY) CHUQUIBAMBILLA – DV. CHALHUAHUACHO – SANTO TOMAS – VELILLE – YAURI – HÉCTOR TEJADA – EMP. PE-3S (AYAVIRI)”, por permitirme la realización de la presente tesis, por las facilidades brindadas para realizar los Ensayos de Laboratorio De Mecánica de Suelos, Concretos, Asfaltos y Control de Calidad. así mismo agradecer



por la amistad brindada. En especial mi reconocimiento a todo el personal de la empresa quienes apoyaron en el desarrollo del proyecto en mención en forma permanente.

Agradezco a mi director de tesis M Sc. Andrés Olivera Chura quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación.

Edith Chalco



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 16

ABSTRACT..... 17

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 19

1.2. JUSTIFICACION..... 21

1.3. HIPÓTESIS DEL TRABAJO 22

1.4. OBJETIVOS 23

1.4.1. Objetivo general 23

1.4.2. Objetivos específicos 23

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES..... 24

2.2. DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DE LA INGENIERÍA GEOLOGICA 26

2.2.1. Definición de ingeniería geológica 26

2.2.2. Importancia de la ingeniería geológica 26

2.3. FACTORES GEOLÓGICOS Y PROBLEMAS GEOTÉCNICOS..... 27

2.4. AFIRMADO 28

2.5. PAVIMENTO 29



2.5.1. Capas del pavimento	29
2.5.2. Tipos de pavimentos	29
2.6. ESTUDIO DE SUELO.....	30
2.7. MECANICA DE SUELOS.....	31
2.8. ESTABILIZACIONES	31
2.9. ESTABILIZACION DE SUELOS	31
2.9.1. Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos	32
2.10. SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO	34
2.10.1. Materiales	35
2.10.2. Requerimientos de construcción.....	39
2.11. SUELOS ESTABILIZADOS CON EMULSION ASFALTICA	44
2.11.1. Materiales	45
CAPITULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.1.1. Tratamiento y análisis de datos	51
3.1.1.1. Tipo de investigación	51
3.1.1.2. Diseño de la investigación	51
3.1.1.3. Población, muestra y análisis	51
3.2. FASES DE INVESTIGACION.....	52
3.2.1. Fase I	52
3.2.2. Fase II.....	52
3.2.3. Fase III	55
3.2.4. Fase IV	55
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS.....	56



CAPITULO IV

CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

4.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	57
4.1.1. Caracterización del area de estudio	57
4.1.2. Ubicación	57
4.1.2.1. Ubicación política.....	57
4.1.2.2. Ubicación geográfica.....	58
4.1.3. Accesibilidad	58
4.1.4. Geografía.....	59
4.1.5. Hidrología	60
4.1.6. Aspectos climatológicos.....	60
4.1.6.1. Temperatura.....	61
4.1.6.2. Precipitación	62
4.1.6.3. Humedad	63
4.1.7. Geología local	63
4.1.7.1. Mesozoico	64
4.1.7.2. Mesozoico	66
4.1.7.3. Cenozoico	68
4.1.8. Geología estructural	77
4.1.8.1. Geodinámica interna.....	77
4.1.8.2. Geodinámica externa.....	78
4.1.9. Geomorfología	79
4.1.9.1. Factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos	80
4.1.9.2. Morfogénesis cuaternaria	81
4.1.9.3. Unidades morfológicas regionales	82
4.1.9.4. Unidades morfológicas locales.....	84



CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LA CARRETERA	89
5.2. CONDICIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE UN AGENTE ESTABILIZANTE PARA PAVIMENTO	89
5.2.1. Condiciones geológicas.....	89
5.2.2. Condiciones geotécnicas	91
5.2.2.1. Clasificación vial.....	91
5.2.3. Topografía de la zona.....	92
5.2.4. Estudios desarrollados.....	92
5.2.5. Estudio de suelos.....	93
5.2.6. Estudio de canteras.....	95
5.2.6.1. Cantera km: 195+160 - Cantera de afirmado	95
5.2.6.2. Cantera km: 200+000 - Material granular para estabilizado	97
5.2.6.3. Cantera km: 200+300 – Cantera de afirmado	98
5.2.6.4. Cantera km: 214+000 – Agregados utilizados en micropavimento (arena).....	100
5.2.6.5. Cantera km: 216+400 – Material granular para estabilizado	102
5.2.6.6. Cantera km: 386+340 – Cantera de afirmado	104
5.2.6.7. Cantera km: 387+600 – Cantera para afirmado	105
5.2.6.8. Cantera km: 388+200 – Cantera para afirmado	106
5.2.6.9. Cantera km: 393+160 – Cantera de afirmado	108
5.2.6.10. Cantera km: 431+040 – Cantera de afirmado.....	109
5.2.6.11. Cantera Pausiri km: 435+000 – Material granular para estabilizado.....	111



5.2.6.12. Cantera Coporaque km: 437+500 – Material granular para estabilizado.....	113
5.2.7. Tramo III – Estabilización de suelo emulsión.....	114
5.2.7.1. Diseño de estabilizado.....	115
5.2.7.2. Diseño de micropavimento.....	116
5.2.7.3. Producción de agregados.....	118
5.2.7.4. Controles de campo.....	118
5.2.8. Tramo V – Estabilización de suelo cemento.....	125
5.2.8.1. Características generales.....	125
5.2.8.2. Diseño.....	126
5.2.8.3. Slurry Seal.....	129
5.2.8.4. Control.....	130
5.3. ANALISIS DE RESULTADOS.....	140
5.3.1. Condiciones geológicas y geotécnicas.....	140
5.3.2. Análisis de la composición de los suelos encontrados.....	141
5.3.3. Análisis de las canteras.....	150
5.3.4. Evaluación de la resistencia de la base estabilizada y como esta influye en la superficie de rodadura.....	151
V. CONCLUSIONES.....	153
VI. RECOMENDACIONES.....	155
VII. REFERENCIAS.....	156
ANEXOS.....	159

Area: Geotecnia

Tema: Estabilización de suelos

FECHA DE SUSTENTACION: 12 de mayo de 2022



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Dosificación de cemento según tipo de suelo	38
Tabla 2:	Perdida de testigo a la compresión.....	39
Tabla 3:	Requerimiento de Emulsión Asfáltica Catiónica.....	46
Tabla 4:	Metodología de Investigación.....	50
Tabla 5:	Ensayos Específicos y Frecuencias.....	54
Tabla 6:	Ensayos Específicos y Frecuencias.....	54
Tabla 7:	Ubicación Tramo III	57
Tabla 8:	Ubicación Tramo V.....	58
Tabla 9:	Ubicación Geográfica	58
Tabla 10:	Rutas de Acceso al Tramo III	58
Tabla 11:	Rutas de Acceso al Tramo V	59
Tabla 12:	Columna estratigráfica tramo III – Tramo V	76
Tabla 13:	Clasificación de la Topografía.....	92
Tabla 14:	Ensayos de Laboratorio.....	93
Tabla 15:	Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 195+160	96
Tabla 16:	Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 200+000	98
Tabla 17:	Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 200+300	99
Tabla 18:	Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 214+000	101
Tabla 19:	Resumen De Ensayos De Laboratorio Cantera Km: 216+400	103
Tabla 20:	Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 386+340	104
Tabla 21:	Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 387+600	106
Tabla 22:	Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 388+200	107
Tabla 23:	Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 393+160	109
Tabla 24:	Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 431+040	110



Tabla 25: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 435+000	111
Tabla 26: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 437+500	114
Tabla 27: Resultados de Verificación de Diseño.	115
Tabla 28: Resultados de Verificación de Diseño.	117
Tabla 29: Control de Densidad y Compactación en Terraplén – Método Cono de Arena	119
Tabla 30: Resumen Ensayos de Control de Estabilización con Emulsión.....	120
Tabla 31: Control de Densidad y Compactación en Estabilizado con Emulsión – Método Cono de Arena.	120
Tabla 32: Control de Colocación de Imprimación con Emulsión de Rotura Lenta CSS1H.....	122
Tabla 33: Resumen de Lavados Asfálticos en Micropavimento.....	122
Tabla 34: Resultados de Diseño Cantera Km. 435+000	127
Tabla 35: Resultados de Diseño Cantera Km. 437+500 – Acceso 10km.	128
Tabla 36: Resultados de Ensayos Cantera Km. 437+500 – acceso 10 Km.....	131
Tabla 37: Resultados de Ensayos Cantera Km. 437+500 – acceso 10 Km.....	132
Tabla 38: Resultados Ensayos de Estabilización con Cemento Puzolánico.	133
Tabla 39: Densidad y Compactación en Estabilizado con Cemento – Método Densímetro Nuclear.	134
Tabla 40: Control de Colocación de Imprimación con Emulsión de Rotura Lenta CSS1H.....	136
Tabla 41: Control de Colocación de Monocapa con Emulsión de Rotura Rápida CRS2hP.....	137
Tabla 42: Control de Colocación de Agregados Pétreos en Pista.....	138
Tabla 43: Cuadro de Control de Colocación de Agregados Pétreos en Pista.	139



Tabla 44: Incidencia por tipo de suelos totales tramo III.....	143
Tabla 45: Incidencia por tipo de suelos por cada estrato Tramo III.....	144
Tabla 46: Incidencia por Tipo de Suelos Totales Tramo V	147
Tabla 47: Incidencia por Tipo de Suelos por Cada Estrato Tramo V	148



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Morfogénesis.....	82
Figura 2: Estabilidad Marshall Vs Asfalto residual en la mezcla de estabilizado.....	116
Figura 3: Curva Granulométrica TIPO III, cantera Km 214+000.....	117
Figura 4: Optimo contenido de Asfalto con fines de Micropavimento, cantera Km 214+000.....	117
Figura 5: Estadística de las granulometrías de lavados asfálticos.....	124
Figura 6: Grafico estadístico medición de IRI en Pista Terminada a nivel de Micropavimento.....	125
Figura 7: % Cemento Vs Resistencia a la compresión de la mezcla de estabilizada.....	127
Figura 8: % Cemento Vs Resistencia a la compresión de la mezcla de estabilizada.....	128
Figura 9: Curva Granulométrica.....	129
Figura 10: Optimo contenido de Asfalto con fines de Slurry Seal, Cantera Km. 437+500.....	129
Figura 11: Se observa al lado derecho e izquierdo la evaluación del fallamiento de la carpeta asfáltica en la curva Tramo III.....	140
Figura 12: Incidencia por tipo de suelo total Tramo III.....	143
Figura 13: Incidencia por tipo de suelos Primer Estrato – Tramo III.....	144
Figura 14: Incidencia por tipo de suelos Segundo Estrato – Tramo III.....	145
Figura 15: Incidencia por tipo de suelos Tercer Estrato – Tramo III.....	145
Figura 16: Incidencia por tipo de suelo total Tramo V.....	147
Figura 17: Incidencia por Tipo de Suelos Primer Estrato – Tramo V.....	148
Figura 18: Incidencia por Tipo de Suelos Segundo Estrato – Tramo V.....	149
Figura 19: Incidencia por tipo de suelos Tercer Estrato – Tramo V.....	149



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AASHTO	: American association state highway and transportation officials.
ASTM	: American standards and testing materials.
MTC	: Ministerio de transportes y comunicaciones.
EG-2013	: Especificaciones técnicas generales 2013
NTP	: Norma técnica peruana
CBR	: California Bearing ratio o “relación de soporte de california”
MDS	: Máxima densidad seca.
CHO	: Contenido de humedad óptima.
INV	: Instituto Nacional de Vías.
Dam	: Deflexión admisible.
PCA	: Portland Cement Association.
PEA	: Planta de Emulsión Asfáltica.
Rm	: Resistencia Media.
Rd	: Resistencia Correspondiente al Diseño.
Ri	: Resistencia de cada Probeta.
TSS	: Tratamiento Superficial Simple.
%	: Porcentaje.
HUSO	: Zona comprendida entre dos curvas granulométricas. (Según especificaciones técnicas)
SUCS	: Sistema Unificado de clasificación de Suelos
GW	: Grava bien graduada
GP	: Grava mal graduada
CL	: Arcilla de baja plasticidad



CH	: Arcilla de alta plasticidad
ML	: Limo de baja plasticidad
MH	: Limo de alta plasticidad
LL	: Limite Liquido
LP	: Limite Plástico
IP	: Índice de Plasticidad
NP	: No Plástico
MSNM	: Metros sobre nivel del mar
MM	: Milímetro
UNI	: Universidad Nacional de Ingenierías
PCA	: Portland Cement Association
PGV	: Plan de gestión vial
Mr	: Módulo resilente
TDR	: Términos de referencia
Kg	: Kilogramo
Cm	: Centímetro
Lb	: Libras
M	: Metros
MI	: Mililitro
Mm	: Milímetro
m³	: Metro cubico
ppm	: Partes por millón
pH	: Potencial de hidrogeno
IRI	: Índice de rugosidad internacional



RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el tramo III que se encuentra ubicado en el departamento de Apurímac, desde Curasco (Km.146+145) - Challhuahucho (Km.230+330), el tramo V se encuentra ubicado en el departamento de Cusco, abarca desde Empalme. Nueva Carretera (Km. 374+365) - Puente Quero (Km.437+455). La justificación es lograr carreteras más resistentes, durables y económicamente viables, ampliar el espectro de uso de materiales para la construcción mediante agentes estabilizantes. El objetivo es Evaluar las características geológicas y geotécnicas que influyen en la estabilización de suelos para pavimento flexible. aplicados en tramo III (Challhuahucho) – tramo V (Espinar). La metodología aplicada es mixta, el procesamiento e interpretación de los datos obtenidos de manera cualitativa y cuantitativa. En el resultado se evaluó los factores geológicos y geotécnicos que influyen y que pueden influir en la funcionalidad del pavimento, de acuerdo a los ensayos realizados en los tramos se encontró suelos limo arcillosos los cuales no son adecuadas para la conformación del pavimento, para mejorar estos suelos en el tramo III se aplicó suelo emulsión con 1.8 % de emulsión asfáltica y en el tramo 5 se aplicó suelo cemento con 3% de cemento puzolánico, también se llegó a la conclusión que los factores geológicos y geotécnicos afectan en la estabilización de los suelos, y que no todo suelo puede mejorarse con un agente estabilizador caso de los suelos orgánicos (turba) estos deben ser reemplazados por material de préstamo de cantera.

Palabras Clave: Aplicación de Pavimento, Características Geológicas, Estabilización de Suelos.



ABSTRACT

The research work was carried out in section III which is located in the department of Apurímac, from Curasco (Km.146+145) - Challhuahucho (Km.230+330), section V is located in the department of Cusco, ranges from empalme. New Highway (Km. 374+365) - Puente Quero (Km.437+455). The justification is to achieve more resistant, durable and economically viable roads, broadening the spectrum of use of construction materials through stabilizing agents. The objective is to evaluate geological and geotechnical characteristics (physical-mechanical properties of soils) that influence soil stabilization for flexible pavement. applied in section III (Challhuahucho) – section V (Espinar). The applied methodology is mixed, the processing and interpretation of the data obtained in a qualitative and quantitative way. In the result, the geological and geotechnical factors that influence and can influence the functionality of the pavement were evaluated, according to the tests carried out in the sections, clayey silt soils were found, which are not suitable for the conformation of the pavement, to improve these soils in section III soil emulsion was applied with 1.8% asphalt emulsion and in section 5 cement soil was applied with 3% pozzolanic cement, it was also concluded that geological and geotechnical factors affect the stabilization of soils , and that not all soil can be improved with a stabilizing agent, in the case of organic soils (peat), these must be replaced by quarry loan material.

Keywords: Geological Characteristics, Pavement Application, Soil Stabilization.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La investigación se centra en la evaluación de las características geológicas (formaciones litológicas, geomorfología, hidrológicas) y geotécnicas del tramo III y el tramo V, analizar si estas influyen en la estabilización de suelos en el pavimento flexible, el cual consistió en el estudio de suelos y canteras mediante ensayos de laboratorio, se determinó las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, la clasificación se realizó de acuerdo al tipo de suelo mediante AASHTO y SUCS.

De acuerdo al estudio de suelos y conociendo sus propiedades físicas y mecánicas, se determinó que el suelo necesita ser mejorada con un agente estabilizador para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, en algunos sectores requiere ser remplazada por un material de cantera, para cumplir los requerimientos establecidos en las especificaciones técnicas. De esta manera mejorar sus propiedades y funcionalidad del suelo para lograr un pavimento resistente y con mayor tiempo de duración.

De acuerdo al estudio de suelos en el tramo III, los suelos no cumplen con los requerimientos exigidos, para poder mejorar este suelo se añadió emulsión asfáltica, en el tramo V para mejorar el suelo se añadió cemento, para lograr una buena funcionalidad del suelo. Para poder verificar el comportamiento de los suelos se realizó el ensayo de densidad de campo In Situ.

Teniendo los resultados de todos los ensayos de laboratorio se hizo una comparación con los resultados del tramo III y V, mediante una observación visual se evaluó los tramos que fueron mejorados con suelo emulsión y suelo cemento para ver si ambos tienen igual comportamiento mecánico.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.- Identificación de problema

La carretera proporciona una base esencial para el funcionamiento de todas las economías nacionales y genera una amplia gama de beneficios económicos y sociales. Conservar adecuadamente la infraestructura vial es imprescindible para preservar y aumentar estos beneficios.

Rivera, (2015), indica lo siguiente: “La red de carreteras permite satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, alimentación y salud; estas necesidades son las principales La red vial existente en el Perú tiene una extensión de 120,047 kilómetros de carreteras y está conformada por:

Provias Nacional, (2011), nos indica que la Red Vial Nacional tiene una extensión de 23,075 Km y conformada por los principales ejes longitudinales y transversales en el país. El 54% de esta red vial tiene algún tipo de pavimento y el 46% aún se encuentra a nivel de base granular afirmada, sin afirmar o en trocha. En cuanto a la condición de su superficie, alrededor del 71% se encuentra en buen o regular estado de transitabilidad y un 29% en malas condiciones. La Red Vial Departamental o Regional, con una extensión de 25,329 Km, se encuentra comprendida por las carreteras de segundo nivel; solo el 8% de esta red vial se encuentra pavimentada y 92% sin pavimentar. Actualmente, cerca del 61% se encuentra en estado bueno o regular y el 36% en estado malo o muy malo. La Red Vial Vecinal o Rural, con una extensión total de 71,643 Km, integrada por las carreteras de nivel local, presenta una condición de pavimentado en solo el 2% y el resto a nivel de trochas o sin afirmar. Asimismo, el 43% de esta Red Vial se encuentra en estado bueno o regular, el 41% malo o muy malo y un 17% de vías no cuentan con información sobre el particular; además existen 24,184 Km. de vías vecinales no registradas.



MTC, (2013), indica que la estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas.

2.- Valoración del problema

El problema que enfrenta la presente investigación radica en la resistencia y tiempo de duración del pavimento utilizado en cada tramo y si esto tiene que ver con el tipo de estabilización que se utilizó, o si es por la litología, geomorfología, dinámica de los suelos, lo que en muchos casos puede producir gastos excesivos y afectaciones a la seguridad vial durante los trabajos que en ellos se efectúen.

La normativa vigente exige una determinada calidad para los diferentes materiales a emplearse en los pavimentos; sin embargo, esta calidad mínima exigida no se encuentra con facilidad en todo el ámbito nacional debido, a la variabilidad geológica, geotécnica de nuestro país.

3.- Formulación del problema

Por esta situación surgen las siguientes preguntas.



Pregunta general

¿Qué características geológicas y geotécnicas influyen en la estabilización de suelos y si estas influyen en la resistencia y tiempo de duración del pavimento básico aplicados en el tramo III (Chalhuahuacho) – tramo V (Espinar)?

Preguntas específicas

¿Qué condiciones geotécnicas influyen en la selección de un agente estabilizante?

¿Qué propiedades físicas y mecánicas deben tener las canteras para el uso en pavimento?

¿Cuál es la resistencia que debe tener la base estabilizada y cómo influye en la estructura del pavimento?

1.2. JUSTIFICACION

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad lograr carreteras más resistentes, durables, y económicamente viables, ampliar el espectro de uso de materiales para la construcción mediante agentes estabilizantes, de esta manera mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, sin embargo en los tramos de estudio vemos que se presentan diferentes litologías lo cual geotécnicamente es clasificado en diferentes tipos de suelos de acuerdo a los estratos presentes, no todos los suelos se pueden mejorar con un agente estabilizador, sin embargo si se pueden reemplazar y mejorar con material provenientes de canteras para obtener una mejor funcionalidad.

Así mismo el presente trabajo de investigación tiene la finalidad de hacer una comparación entre el uso de asfalto y cemento en el tramo III y V, ver cual tiene mayor funcionalidad, de la misma manera ver si estos influyen en la utilización de algún tipo



de carpeta de rodadura en el pavimento y si influyen en el tiempo de duración de la carpeta.

Actualmente toda obra de construcción exige contar con los mejores recursos para garantizar la calidad de los trabajos, fundamentalmente los diseños geométricos, calidad de materiales a usar, etc. Para evitar posibles fallas y deterioros en tiempos cortos. Motivo por el cual es muy importante conocer las propiedades mecánicas del terreno de fundación y los materiales que se van a usar en dichas construcciones.

La mecánica de suelos es un área muy importante en construcción de vías y la construcción de estructuras asegurando evitar fallas a futuro ya sea por movimientos sísmicos o deficiente calidad del terreno de fundación, en los estudios de suelo se determina todas las propiedades del material que se tiene, de acuerdo a estos resultados se diseñan las estructuras para su construcción y evitar cualquier peligro o desastres que afecten a la población o un proyecto que beneficie a los pobladores.

1.3. HIPÓTESIS DEL TRABAJO

Hipótesis general

Todo suelo es factible de lograr características aceptables para la ejecución de carreteras siempre que se usen los agentes estabilizantes correctamente seleccionados por tal razón las características geológicas y geotécnicas influyen en la estabilización de suelos y está a la vez en la resistencia y tiempo de duración del pavimento básico. aplicados en el tramo III (Challhuahuacho) – tramo V (Espinar).



Hipótesis específica

Es posible identificar las condiciones geotécnicas que influyen en la selección de un agente estabilizador.

Al determinar las propiedades físicas y mecánicas de las canteras, será posible seleccionar de manera óptima un tipo de agente estabilizante para pavimento.

La resistencia de la base estabilizada es determinante en el tiempo de duración de la estructura del pavimento.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar características geológicas y geotécnicas que influyen en la estabilización de suelos para pavimento básico. aplicados en tramo III (Challhuahuacho) – tramo V (Espinar)

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar las condiciones geotécnicas que influyen en la selección de un agente estabilizante para pavimento.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las canteras para el uso en pavimento.
- Evaluar la resistencia de la base estabilizada y cómo influye en la estructura del pavimento.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Ulate Castillo, (2017), realizo estudios referidos a la “Estabilización de suelos y materiales granulares en caminos de bajo volumen de tránsito, empleando productos no tradicionales”, en el boletín técnico, volumen N°8, 2017, costa rica, donde nos da a conocer sobre La construcción y mantenimiento de carreteras requiere la utilización de agregados de calidad que cumplan con una serie de especificaciones técnicas, los cuales son cada vez más difíciles de encontrar y generalmente resultan costosos. Esta situación afecta principalmente a los caminos no pavimentados (grava o tierra), frecuentemente presentan problemas de transitabilidad en época lluviosa y generación de polvo en época seca, lo cual produce riesgo de seguridad vial y salud. Ante esta problemática, la utilización de productos o aditivos estabilizadores se presenta como una alternativa para hacer uso de los materiales o suelos existentes en sitio y mejorar la transitabilidad de los caminos no pavimentados en condiciones húmedas y reducir la generación de polvo en condiciones secas.

Ugaz Palomino, (2006), en su tesis nos presenta “Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante”, 2006. también disponible en; <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3163>. La presente investigación tiene como objetivo el de estudiar el comportamiento de las distintos suelos estabilizadas con Aditivos químicos, para su aplicación en carreteras, así como sus cambios en las propiedades de capacidad de soporte, durabilidad, compresibilidad, permeabilidad y estabilidad volumétrica a corto y largo plazo, en diferentes condiciones climatológicas,



ya que son estas cinco características principales las que se tienen que tener en cuenta durante la realización de una estabilización de suelos.

Ordaya Melgarejo, (2017), en su tesis nos presenta el análisis de las propiedades físicas del suelo en la estabilidad de talud en el km 0+807 del sector la Esperanza del Distrito de Pozuzo, donde nos presenta como problema general, el análisis de las propiedades físicas del suelo en la estabilidad de talud en el Km 0+807 del sector la Esperanza del Distrito de Pozuzo – Oxapampa – Pasco – 2017; el objetivo general es “Determinar la influencia del análisis de las propiedades físicas del suelo en la estabilidad de talud en el Km 0+807 del sector La Esperanza del Distrito de Pozuzo – Oxapampa – Pasco – 2017”; y cuya hipótesis general que debe contrastarse, “El análisis de las propiedades físicas del suelo influye directa y significativamente en la estabilidad de talud en el Km 0+807 del sector La Esperanza del Distrito de Pozuzo – Oxapampa – Pasco – 2017”.

Velarde del Castillo, (2014), en su tesis nos presenta la aplicación de la metodología de respuesta en la determinación de la resistencia a la compresión simple de los suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento, este proyecto se realizó en el distrito de Puno, el cual tiene como problema general determinar la máxima resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento aplicando la metodología de superficie de respuesta, y cuyo propósito es evaluar la resistencia a la compresión simple de los suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento. En la fase experimental usó el diseño de composición rotatable central, donde los factores en estudio fue la cal y el cemento que permitió estimar funciones de resistencia a la compresión simple para calcular los óptimos factores de cal y cemento. Mediante el análisis matemático se determinó la máxima resistencia a la compresión simple



2.2. DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DE LA INGENIERÍA GEOLOGICA

2.2.1. Definición de ingeniería geológica

Gonzalez de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, (2002), indica que la ingeniería geológica es la ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas de la ingeniería y del medio ambiente producidos como consecuencia de la interacción entre las actividades humanas y el medio geológico. El fin de la ingeniería geológica es asegurar que los factores geológicos condicionantes de las obras de ingeniería sean tenidos en cuenta e interpretados adecuadamente, así como evitar o mitigar las consecuencias de los riesgos geológicos. La necesidad de estudiar geológicamente el terreno como base de partida para los proyectos de grandes obras es indiscutible en la actualidad, y constituye una práctica obligatoria. Esta necesidad se extiende a otras obras de menor volumen, pero de gran repercusión social, como la edificación, en donde los estudios geotécnicos son igualmente obligatorios.

2.2.2. Importancia de la ingeniería geológica

Gonzalez de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, (2002), nos habla sobre la importancia de la ingeniería geológica, se manifiesta en dos grandes campos de actuación las cuales son:

- El primero corresponde a los proyectos y obras de ingeniería donde el terreno constituye el soporte, el material de excavación, de almacenamiento o de construcción. Dentro de este ámbito se incluyen las principales obras de infraestructura, edificación, obras hidráulicas, marítimas, plantas industriales, explotaciones mineras, centrales de energía, etc. La participación de la ingeniería



geológica en estas actividades es fundamental al contribuir a su seguridad y economía.

- El segundo campo de actuación se refiere a la prevención, mitigación y control de los riesgos geológicos, así como de los impactos ambientales de las obras públicas, actividades industriales, mineras o urbanas. Ambos campos tienen un peso importante en el producto interior bruto de un país, al estar directamente relacionados con los sectores de las infraestructuras, construcción, minería y edificación.

En el segundo ámbito de actuación la importancia económica y las repercusiones sociales y ambientales son difíciles de valorar, y pueden llegar a ser muy altas o incalculables, dependiendo de los daños y de la reducción de pérdidas si se aplican medidas de prevención.

2.3. FACTORES GEOLÓGICOS Y PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

Gonzalez de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, (2002), nos habla sobre la diversidad del medio geológico y la complejidad de sus procesos hacen que en las obras de ingeniería se deban resolver situaciones donde los factores geológicos son condicionantes de un proyecto.

En primer lugar, por su mayor importancia, estarían los riesgos geológicos, cuya incidencia puede afectar a la seguridad o la viabilidad del proyecto. En segundo lugar, están todos aquellos factores geológicos cuya presencia condicione técnica o económicamente la obra.

- Los factores geológicos son la causa de la mayoría de los problemas geotécnicos.



- El agua es uno de los factores de mayor incidencia en el comportamiento geotécnico de los materiales.
- Los procesos geológicos pueden modificar el comportamiento de los materiales, incidiendo sobre el medio físico, y ocasionar problemas geotécnicos.

Por otro lado, la presencia de problemas geotécnicos implica la adopción de soluciones en general más costosas, como por ejemplo cimentar a mayor profundidad por insuficiencia de capacidad portante del terreno en cotas superficiales, e incluso la modificación del proyecto o el cambio de emplazamiento, según el alcance de los citados problemas. Por el contrario, unas condiciones geotécnicas favorables proporcionan no sólo una mayor seguridad a las obras, sino un desarrollo de las mismas sin imprevistos, lo que influye significativamente en los costos y plazos de la obra.

Resulta evidente que en todo estudio geotécnico es necesario partir del conocimiento geológico, interpretando la geología desde la ingeniería geológica, para determinar y predecir el comportamiento del terreno.

2.4. AFIRMADO

MTC, Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos, (2013), indica que el afirmado consiste en una capa compactada de material granular natural o procesada, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en caminos y carreteras no pavimentadas.



2.5. PAVIMENTO

Chang, (2001) nos dice que el pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura.

2.5.1. Capas del pavimento

- a) **Capa de rodadura:** El MTC, Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos, (2013) nos dice acerca de la capa de rodadura que es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.
- b) **Base:** Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ($\text{CBR} \geq 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento.
- c) **Subbase:** Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ($\text{CBR} \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento.

2.5.2. Tipos de pavimentos

- 1) **El pavimento flexible:** Es una estructura compuesta por capas granulares (sub base, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales



bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micropavimento, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.

- 2) **El pavimento semirrígido:** Es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados.
- 3) **El pavimento rígido:** Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de sub base granular, no obstante, esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo. Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:
 - Pavimento de concreto simple con juntas
 - Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas
 - Pavimento de concreto con refuerzo continuo. MTC, Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos, (2013)

2.6. ESTUDIO DE SUELO

Cordova, (1999), menciona que las sub estructuras de pavimentos transmiten esfuerzos al terreno natural bajo ellas, esos esfuerzos a su vez, producen deformaciones que se reflejan en el comportamiento estructural del pavimento; de ahí la necesidad de estudiar el terreno de apoyo o cimentación, de éstas, además finalmente, la interacción



del terreno de cimentación y la subestructura de las carreteras afectan, de tal manera al comportamiento conjunto, que es de extrema importancia el estudio, para modificar condiciones del terreno de cimentación, cuando sean favorables, convirtiéndolas en más propicias.

2.7. MECANICA DE SUELOS

Domingues Peña, Hernandez Melgar, Almanza Hernandez, & Juarez Sosa, (2006), mención que actualmente la mecánica de suelos es una ciencia con la que se trabaja en forma cotidiana, se aplica en la mayoría de las obras civiles por construir o en proceso de construcción, sirve también para conocer las características y el comportamiento de los suelos con respecto al peso de las estructuras, y de esta forma decidir de manera conveniente cuando se presente un problema geotécnico.

2.8. ESTABILIZACIONES

MTC & Direccion General de Caminos y Ferrocarriles, Geologia, Suelos y Capas de Revestimiento Granular, nos indica que la capacidad portante o CBR, de los materiales de las capas de subrasante y del afirmado, debe estar de acuerdo a los valores de diseño, no se admitirá valores inferiores. En consecuencia, si los materiales a utilizarse en el camino no cumplen las características generales previamente descritas, se efectuará la estabilización correspondiente del suelo.

2.9. ESTABILIZACION DE SUELOS

MTC, Manual de Carreteras Suelos, Geologia, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos, (2013), define la estabilización de suelos como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se



realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una sub base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub base o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.).

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación. Sin embargo, debe destacarse la significación que adquiere contar con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos construidos que ratifiquen el buen resultado. Además, se debe garantizar que tanto la construcción como la conservación vial, puedan realizarse en forma simple, económica y con el equipamiento disponible.

2.9.1. Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos

- a) Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo, donde se analizará diversas alternativas de estabilización o de solución, como: Estabilización mecánica, Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, Estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros), pedraplenes, Capas de arena, Elevar la rasante o



cambiar el trazo vial sí las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y complejas.

- b) Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10 cm. de espesor como mínimo o un geotextil.
- c) La superficie de la subrasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una subrasante buena y regular; a 1.00 m cuando se trate de una subrasante pobre y, a 1.20 m cuando se trate de una subrasante inadecuada. En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario.
- d) En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. Sí la profundidad de la napa freática es mayor a la indicada anteriormente (1.20 m), la acción de congelamiento no llegará a la capa superior de la subrasante. En el caso de presentarse en la capa superior de la subrasante (últimos 0.60 m) suelos susceptibles al congelamiento, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario. Son suelos susceptibles al congelamiento, los suelos limosos. Igualmente los suelos que contienen más del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm, con excepción de las arenas finas uniformes que aunque contienen hasta el 10% de materiales de tamaño inferior a los 0.02mm, no



- son susceptibles al congelamiento. En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm.
- e) Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas.
- f) Los factores que se considerarán al seleccionar el método más conveniente de estabilización son:
- Tipo de suelo a estabilizar
 - Uso propuesto del suelo estabilizado
 - Tipo de aditivo estabilizador de suelos
 - Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará
 - Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador
 - Disponibilidad del equipo adecuado
 - Costos comparativos

2.10. SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO

MTC, Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos, (2013), manifiesta que el material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto.



MTC, C.E. 020 Estabilización de Suelos y Taludes, (2000), nos dice que el contenido óptimo de agua se determina por el ensayo proctor como en la compactación de suelos. La adición de cemento, debe mejorar las propiedades mecánicas del suelo, sin llegar a condiciones de rigidez similares a morteros hidráulicos.

Los finos pasantes al tamiz N°200, en el suelo, se debe encontrar entre 5% y 35%, antes de ser mezclados con cementos. Se pueden utilizar todos los tipos de cementos, pero en general se recomienda los de fraguado y endurecimiento normales. Las propiedades del suelo-cemento dependen de:

- Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.
- Ejecución.
- Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

2.10.1. Materiales

- Suelo

El material por estabilizar con cemento Portland podrá ser material de afirmado o provenir de la escarificación de la capa superficial existente o ser un suelo natural proveniente de:

- Excavaciones o zonas de préstamo.
- Agregados locales.
- Mezclas de ellos.

Cualquiera que sea el material a emplear, deberá estar libre de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar la elaboración y fraguado del concreto. Deberá, además, cumplir los siguientes requisitos generales:



a) Granulometría (Agregados)

La granulometría del material a estabilizar puede corresponder a los siguientes tipos de suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7. Además, el tamaño máximo no podrá ser mayor de 5 cm (2"). o 1/3 del espesor de la capa compactada.

b) Plasticidad

La fracción inferior del tamiz de 425 um (N.º 40) deberá presentar un Límite Líquido inferior a 40 y un Índice Plástico menor de 18%, determinados según normas de ensayo MTC E 110 y MTC E 111.

c) Composición Química

La proporción de sulfatos del suelo, expresada como $SO_4=$ no podrá exceder de 0,2% en peso.

d) Abrasión

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) MTC E 207 no mayor a 50%.

e) Solidez

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales y el material se encuentra a una altitud ≥ 3.000 m.s.n.m, los agregados gruesos no deben presentar pérdidas en sulfato de magnesio superiores al 18% y en materiales finos superiores al 15%.



- Cemento

MTC & Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Geología, Suelos y Capas de Revestimiento Granular, menciona que la resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente, y su densidad máxima y humedad - óptima aumentan o disminuyen ligeramente según el tipo de suelo. Se pueden utilizar todos los tipos de cemento, pero en general se recomienda los de fraguado y endurecimiento normales. En caso de querer contrarrestar los efectos de la materia orgánica, se empleará cemento de alta resistencia. En zonas con bajas temperaturas, los suelos se mezclarán con cementos de fraguado rápido o con cloruro de calcio como aditivo.

MTC, C.E. 020 Estabilización de Suelos y Taludes, (2000), menciona que la capa estabilizada con cemento debe tener un espesor mínimo de 10 cm, pudiendo recibir capas de cobertura (tratamiento superficial asfáltica) de poco espesor (1.5 cm) para tránsito ligero a medio o podrá servir de apoyo a un pavimento rígido o flexible de alta calidad, en el cual el suelo no debe contener materias perjudiciales al fraguado o la resistencia.

MTC, Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, (2013), indica que el cemento para estabilización es del tipo Portland, si no se especifica el tipo de cemento, se emplea el denominado Tipo I o Cemento Portland Normal. La dosificación de cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, según lo siguiente:



Tabla 1: Dosificación de cemento según tipo de suelo

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

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013

Los suelos mejorados con cemento, constituyen un material semi endurecido, pues la proporción de cemento no suele ser superior al 3 % en peso de los suelos. En este caso, solo se pretende mejorar las propiedades de un suelo para que sea adecuado como subrasante de un pavimento.

MTC & Direccion General de Caminos y Ferrocarriles, Geologia, Suelos y Capas de Revestimiento Granular, menciona que es conveniente que la compactación se inicie cuando la humedad in situ sea la prescrita y en todo caso, en menos de una hora a partir del mezclado, y se debe terminar entre 2 y 4 horas, según las condiciones atmosféricas. A nivel de subrasante se exige un grado de compactación mínimo de 95% según AASHTO T180; en la capa de afirmado el mínimo de 100%.

- Agua

El agua debe ser limpia y estar libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, debe estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4=$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

2.10.2. Requerimientos de construcción

1) Explotación y elaboración de materiales

Todos los trabajos de clasificación de los materiales y en especial la separación de áridos de tamaño superior al máximo especificado, se efectuó en el sitio de explotación o elaboración y no se permitió ejecutarlos en la vía.

Los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras o préstamos deberán ser conservados para la posterior reforestación del terreno.

2) Diseño de la mezcla

Las muestras representativas de los materiales y el cemento que se propone utilizar, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio, que demuestren la conveniencia de utilizarlos en la mezcla, e igualmente se presenta el diseño de la misma.

La mezcla se debe diseñar mediante el método de la Portland Cement Association (PCA). Como parámetros de diseño se tomarán los ensayos de resistencia a compresión simple, y humedecimiento-secado (normas MTC E 1103 y MTC E 1104). En el primero de ellos, se garantiza una resistencia mínima de 1,8 MPa, luego de 7 días de curado húmedo, mientras que, en el segundo, el contenido de cemento deberá ser tal, que la pérdida de peso de la mezcla compactada, al ser sometida al ensayo de durabilidad (humedecimiento-secado), no supere los siguientes límites de acuerdo con la clasificación que presente el suelo por estabilizar:

Tabla 2: Perdida de testigo a la compresión

Suelo por estabilizar	Perdida Máxima (%)
A-1; A-2-4; A-2-5; A3	14
A-2-6; A-2-7; A-4; A5	10
A-6; A-7	7



Fuente: CE 020 Estabilización de Suelos y Taludes

La construcción de suelos estabilizados con cemento no se puede iniciar hasta que la mezcla se encuentre diseñada.

3) Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, antes de proceder con la estabilización, se comprueba que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad mínima de 95% del ensayo de laboratorio de densidad - humedad, según MTC E 115, así como las dimensiones, alineamientos y perfil indicadas.

En caso que la estabilización se realice únicamente con el suelo existente, éste se debe escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor.

Si se contempla la adición de un suelo de aporte para mejorar el existente, ambos se deben mezclar uniformemente antes de iniciar la distribución del estabilizante.

En todos los casos en que el proceso involucre el suelo del lugar, parcial o totalmente, deberá comprobarse que el material se encuentre por debajo de la capa por estabilizar.

4) Transporte de suelos y agregados

Cuando la estabilización incluya suelos o agregados de aporte, éstos se transportan humedecidos y protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurados a la carrocería de manera que se impida derrames o caídas que causen daños o que generen impactos a la atmósfera. Homogenización del material



Antes de aplicar el cemento, el suelo por tratar, sea que haya sido escarificado en el lugar o transportado desde los sitios de origen.

Durante la realización de este trabajo se tomó las medidas para que la emisión de polvo no exceda el límite permisible (D.S. N.º 074-2001-PCM) Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

5) Aplicación del cemento

El cemento se aplica en bolsas o a granel. En cualquier caso, se esparce sobre el suelo homogenizado, durante la fase de prueba, de manera que se disperse la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, la humedad del suelo no podrá ser superior a la definida durante el proceso de diseño como la adecuada para lograr una mezcla homogénea del suelo con el cemento.

Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el suelo.

El cemento solo se extendió en la superficie que quedo terminada en la jornada de trabajo.

6) Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuó la mezcla, empleando el equipo aprobado, en todo el espesor establecido en los planos. La operación de mezcla se realiza hasta garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se definió en la fase de prueba. La humedad de la mezcla deberá ser la óptima del ensayo MTC E-1102 o ASTM D-558, con una tolerancia de $\pm 1,5 \%$.



Durante esta actividad se tubo cuidado para evitar los derrames de material que pudieran contaminar fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar.

7) Compactación

La compactación de la mezcla se realizó de acuerdo con el equipo propuesto, durante la ejecución del tramo de prueba. El proceso de compactación se realizó de tal forma que se obtenga un acabado uniforme, en todo el espesor proyectado. Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de 2 horas desde el inicio de la mezcla. La compactación deberá ser el 95% como mínimo, del ensayo MTC E-1102.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de prueba, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

Una vez terminada la compactación, la superficie deberá mantenerse húmeda hasta que el proceso de curado culmine. En esta actividad se tomarán las medidas necesarias para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación.

8) Curado de la capa estabilizada

Terminada la conformación y compactación del suelo estabilizado con cemento, ésta se protege contra pérdidas de humedad por un periodo no menor de siete días, por métodos y/o aditivos adecuados. Si sobre la superficie del suelo estabilizado se va a colocar una superficie de rodadura bituminosa, se recomienda la aplicación de una película con emulsión de rotura rápida, a una tasa no inferior a 400 cm³/m² de ligante



residual. En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro horas de terminada la compactación, la superficie del suelo estabilizado deberá presentar un aspecto denso y homogéneo, y contener la humedad suficiente que permita el curado. Se tendrá cuidado durante la aplicación de la película bituminosa con emulsión de rotura rápida, para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar.

9) Apertura al tránsito

El suelo estabilizado con cemento sólo se abrió al tránsito a la culminación del proceso de curado. La apertura fue inicialmente durante un tiempo corto que permitió verificar el comportamiento de la capa compactada.

10) Calidad de la mezcla

- Resistencia

Con un mínimo de 2 muestras diarias de la mezcla elaborada se moldearán probetas (3 por muestra) con la energía del ensayo de compactación para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete días de curado, de conformidad con el procedimiento realizado durante el diseño de la mezcla. La preparación de los testigos, así como el ensayo, será de acuerdo al MTC E 1101 y MTC E 1103.

La resistencia media de las 6 o más probetas diarias (R_m) fueron iguales o superiores al 100% de la resistencia correspondiente al diseño (R_d), conforme se describe en el apartado “Diseño de la Mezcla”.

$$R_m \geq R_d$$



A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o mayor al 95% del valor de diseño (R_d).

$$R_i \geq 0,95 R_d$$

11) Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se efectuaron con la frecuencia que se indica en el Tabla 5 y los tramos por aprobar se definió sobre la base de un mínimo de 6 determinaciones de densidad. Los sitios para las mediciones se escogieron al azar.

La densidad fue como mínimo el 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo de compactación del diseño o de la obtenida en el ensayo de Relación Humedad, Densidad, indicado en la Tabla 5 de Ensayos y Frecuencias.

El incumplimiento de dicho requisito trae como consecuencia el rechazo del tramo. La densidad de las capas compactadas se determinó por el método del Cono de Arena y Densímetro nuclear.

2.11. SUELOS ESTABILIZADOS CON EMULSION ASFALTICA

Consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con emulsión asfáltica catiónica, de acuerdo con las estas especificaciones técnicas, así como de las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en los documentos del Proyecto.

La emulsión asfáltica catiónica utilizado para la estabilización de la vía, proviene de la composición de tres elementos básicos: asfalto, agua y un agente emulsificante (tensoactivo); la emulsión asfáltica puede ser modificada con polímeros o contener otros



aditivos, dependiendo de la formulación del fabricante. El asfalto es el componente base de la emulsión y constituye entre un 60 y 75%. El poder cementante del asfalto como componente de la emulsión conlleva a que fije a los agregados en posiciones adecuadas para transmitir las cargas aplicadas a las capas inferiores. Debe establecerse el pre diseño indicando las proporciones de la(s) mezcla(s) que se vayan a usar en cada sitio; y debe determinar el espesor correspondiente en cada caso. La respuesta y duración de la estabilización suelo-emulsión estará sujeta a los siguientes factores:

- Dureza, gradación del suelo y tipo y calidad de emulsión.
- Afinidad del suelo con la emulsión.
- Calidad del drenaje existente.
- Calidad de la ejecución de manera que se respeten las dosificaciones materiales, tipo y composición de la mezcla y utilización de equipos de acuerdo a las condiciones del Proyecto.

2.11.1. Materiales

- **Suelos**

Los suelos que se usaron para la construcción del suelo-emulsión, fueron del propio camino o provenir, en todo o en parte, de préstamos seleccionados. Estos suelos deben presentar las siguientes características: Los suelos deben tener máximo 10% de material pasante por el tamiz N.º 200, estar limpios y no deben tener más de 1% de su peso de materia orgánica. El índice de plasticidad del suelo debe ser menor o igual a 9%. El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de suelo-emulsión. El espesor total de la capa de suelo estabilizado con emulsión, será como mínimo de 15 cm. La proporción de sulfatos,

expresados como SO_4 no podrá exceder de 6000 ppm. Los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) no mayor a 50%.

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos no deben presentar pérdidas en sulfato de sodio superiores al 12% y en materiales finos superiores al 10%; si se emplea sulfato de magnesio los agregados gruesos no deben presentar pérdidas superiores al 18% y en los materiales finos superiores al 15%.

- **Emulsión**

La emulsión asfáltica catiónica, será del tipo de rotura lenta (CSS-1H), el cual deberá cumplir con los requisitos indicados en la **Tabla 3**.

Tabla 3: Requerimiento de Emulsión Asfáltica Catiónica

Características	Ensayo	CSS – 1H	
		Min.	Max.
Viscosidad, Saybort Furol a 77°F (25°C). s	MTC E 403	20	100
Estabilidad de almacenamiento, 24 – h, %*	MTC E 404		1
Carga de partícula	MTC E 407	Positivo	
Prueba de tamiz, %	MTC E 405		0.1
Mezcla por cemento, %	ASTM D-6935		2.0
Destilación <ul style="list-style-type: none">• Residuo, %	MTC E 401	57	
Pruebas sobre el residuo de destilación: <ul style="list-style-type: none">• Penetración, 77° F (25°C), 100g, 5s• Ductibilidad, 77°F (25 °C), 5 cm/min, cm• Solubilidad en tricloetileno, %	MTC E 304 MTC E 306 MTC E 302	40 40 97.5	90

Fuente: Manual de Carreteras EG - 2013

Debe estar respaldado por certificados de calidad del fabricante en el que se indique el cumplimiento de los requisitos de calidad. El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de mezcla o de colocación, se realizará a granel (cilindros) en carrotanque que no requieran aislamiento térmico ni calefacción. El almacenamiento de la emulsión asfáltica, se realizará en tanques cilíndricos verticales,



con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales deberán encontrarse en posiciones diametralmente opuestas.

Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios, para garantizar su correcto funcionamiento. La temperatura de almacenamiento debe encontrarse entre 10 y 60°C.

- **Agua**

El agua debe ser limpia y estar libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4=$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

- **Material mineral**

Puede adicionarse cal hidratada ó cemento en proporciones de 1% a 2%, según lo especifique el diseño.

- **Mezcla**

Normalmente la emulsión varía entre 4% y 6%, en peso del suelo seco a estabilizar.

No obstante, la cantidad adecuada de la emulsión depende de los resultados que se obtengan del tramo de prueba.



La mezcla se debe diseñar mediante el procedimiento Illinois del Instituto del Asfalto basado en la norma MTC E 504. Este procedimiento se debe realizar cada vez que se cambie de material. La formulación señalará:

- Granulometría del suelo.
- Porcentaje (%) de agua, respecto al peso del suelo seco.
- Tipo y contenido óptimo de emulsión (%).
- Contenido óptimo de residuo asfáltico (%).
- Recubrimiento de la mezcla (%).
- Humedad óptima para compactación (%).
- Estabilidad Marshall (kg).

La dosificación de la mezcla se basa en los siguientes criterios:

- La cantidad de agua, será la necesaria para una buena dispersión de la emulsión, esta será determinada en laboratorio con contenido de emulsión.
- Para obtener el contenido óptimo de emulsión asfáltica, la mezcla debe tener una estabilidad Marshall mínima de 230 kg con una pérdida de estabilidad después de saturado máximo 50%. El porcentaje de recubrimiento y trabajabilidad de la mezcla deberá encontrarse entre 50 y 100%.
- **Calidad de los suelos**

De cada procedencia de los suelos y agregados de aporte empleados en la estabilización y para cualquier volumen previsto, se tomó cuatro muestras y de cada fracción de ellas se determinó;

- La plasticidad de la fracción fina.
- Contenido de sulfatos.



- **Calidad de la mezcla**

La calidad de la mezcla se verifico mediante el procedimiento de Illinois del Instituto del Asfalto basado en la norma ASTM D-1559 ó AASHTO T-245, para tal efecto tomará como mínimo 2 muestras por día, de las cuales moldearán testigos (mínimo 2 por muestra) se verifico en el laboratorio el cumplimiento de su densidad, granulometría, estabilidad Marshall y el contenido de asfalto, respecto del diseño Marshall.

- **Compactación**

Para el control de compactación de la capa estabilizada, alternativamente pueden extraerse testigos con equipo diamantino, uno cada 250 m² al cual se midió su Densidad (MTC E 506).

De 6 testigos, la densidad media del tramo (Dm) fue cuando menos, el 95% de la media (De) obtenida de los controles de mezcla del sector en evaluación.

$$D_m > 0,95 D_e$$

Además, la densidad de cada testigo individual (Di) debía ser mayor ó igual al 94% de la densidad media De.

$$D_i > 0,94 D_e$$

f. Rugosidad

Medida en unidades IRI, la rugosidad no podrá ser superior a 6 m/km, salvo que la especificación particular establezca un límite diferente, cuando se estabiliza a nivel de superficie de rodadura.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación tiene un enfoque mixto de carácter descriptivo, y analítico que se desarrollara mediante el procesamiento e interpretación de los datos obtenidos de manera cualitativa y cuantitativa mediante la recopilación de datos, ensayos de laboratorio, análisis e interpretación de datos obtenidos de los ensayos realizado de cada muestra obtenida en diferentes puntos.

El estudio se basa en las características geológicas y geotécnicas que influyen en el comportamiento de los suelos e identificar las posibles deformaciones en el pavimento.

Para llevar a cabo el Proceso de investigación se desarrolló en cuatro fases el cual se detallará líneas abajo.

Tabla 4: Metodología de Investigación

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	
Tipo de investigación	Mixta (Cualitativa y cuantitativa)
Diseño de investigación	Mixta (Explicativo Secuencial)
Nivel de investigación	Descriptivo, Analítico
Técnicas de recolección de datos	Se realizará en tres fases

Fuente: Elaboración Propia.



3.1.1. Tratamiento y análisis de datos

3.1.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es de tipo descriptivo analítico, ya que se identificó In Situ las características geológicas (formaciones litológicas, geomorfología, hidrológicas) y geotécnicas para determinar las características físico-mecánicas de los suelos.

3.1.1.2. Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es mixta de carácter explicativo secuencial, sigue los lineamientos y procedimientos establecidos en las normas técnicas de NTP, MTC, ASTM, AASHTO.

3.1.1.3. Población, muestra y análisis

Población: Esta queda limitada por los objetivos y el problema de la investigación. En la presente investigación, el universo poblacional está constituido por los estratos de suelos de la red vial del tramo III y V.

Muestra: Se tomaron muestras en diferentes puntos a lo largo del tramo III y V, de canteras, fuentes de aguas, para realizar los ensayos correspondientes.

Análisis: Se analizaron los tipos de suelos identificados en la zona de estudio, para poderle dar una mejor funcionalidad se evaluó la utilización de un tipo de agente estabilizador, se evaluó las canteras de acuerdo a los requerimientos establecidos por las normas.



3.2. FASES DE INVESTIGACION

3.2.1. Fase I

Recopilación bibliográfica

Esta primera fase se inició con la recopilación, selección y análisis de información bibliográfica referente al tema de investigación y zona de estudio, se tomó en cuenta la información técnica y bibliográfica tales como:

- Boletín A 58 del INGEMMET, Geología de los Cuadrángulos de Velille, Yauri, Ayaviri y Azángaro, hoja: 30 u.
- Boletín A 35 del INGEMMET, Geología de los Cuadrángulos de Challhualca, Antabamba y Santo Tomas, hoja: 29 q, 29 r.
- Cartas geológicas del INGEMMET
- se revisó e interpreto la geología del área de estudio, geomorfología del terreno mediante imágenes satelitales proporcionadas por el Google Earth PRO, como también información web grafica

3.2.2. Fase II

A. Trabajo de campo

En la fase de campo se hizo el reconocimiento del área de estudio, así mismo se realizó calicatas para la determinación del tipo de suelo, se tomó muestras in-situ para realizar los ensayos de campo y laboratorio requeridos durante la estabilización de suelos. En esta fase se hizo la inspección y visita técnica del área de Estudio del Proyecto, con la finalidad de realizar un reconocimiento global de las áreas de influencia según Plano existente.



Se realizó un mapeo geológico superficial del afloramiento de las unidades litológicas en el emplazamiento de la carretera.

De igual manera en esta etapa de trabajo de campo se realizó el recorrido de campo a lo largo de la carretera para la ubicación de calicatas.

Una vez ubicadas las calicatas se procede a su excavación, descripción detallada de manera visual del perfil estratigráfico que presenta en cada una de ellas, presencia de material orgánico, nivel freático, etc., así mismo se obtuvieron las muestras en cantidades suficientes para su envío al laboratorio de suelos y pavimentos para realizar los ensayos correspondientes.

B. Ensayo de laboratorios de suelos y pavimentos

Esta fase de trabajo consiste en realizar y procesar las muestras obtenidas in situ, dichos ensayos se realizaron en el Laboratorio de suelos y pavimentos de la empresa Consorcio Vial Sierra.

Los ensayos de laboratorio que se realizaron son de acuerdo a normas nacionales e internacionales como son las normas del Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM) y Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO).

Ensayos de frecuencia de suelos estabilizados con cemento

Tabla 5: Ensayos Específicos y Frecuencias

Material o producto	Propiedades y características	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Suelo Estabilizado con Cemento Portland	Granulometría	MTC E 107	750m ³	Pista
	Índice Plástico	MTC E 111	750m ³	Pista
	Relación Humedad Densidad	MTC E 1102	750m ³	Pista
	Compresión simple	MTC E 1101 MTC E 1103	2 muestras por día	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	Cada 250 m ²	Pista
	Abrasión los Ángeles	MTC E 207	2.000 m ³	Cantera
	Durabilidad (2)	MTC E 209	2.000 m ³	Cantera
	Sulfatos	NTP 339.178	2.000 m ³	Cantera
	pH	NTP 339.073	2.000 m ³	Fuente de Agua
	Sulfatos	NTP 339.074	2.000 m ³	Fuente de Agua
Materia Orgánica	NTP 339.072	2.000 m ³	Fuente de Agua	

(1) O antes, si por su génesis existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas, se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica.

(2) Ensayo exigido para capas estructurales en zonas con altitud mayor a 3.000 msnm.

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013

Ensayos específicos y frecuencias suelos estabilizados con emulsión asfáltica

Tabla 6: Ensayos Específicos y Frecuencias

Material o producto	Propiedad y característica	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Suelo	Granulometría	MTC E 204	750 m ³	Pista
	Plasticidad	MTC E110	750 m ³	Pista
	Sulfatos	NTP 339.178	2000 m ³	Pista
	Materia orgánica	AASTHO T 194	2000 m ³	Pista
	Abrasión	MTC E 207	2000 m ³	Pista
	Durabilidad (2)	MTC E 209	2000 m ³	Pista
Suelo Estabilizado con Emulsión	Contenido residuo de asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista
	Granulometría	MTC E 204	2 por día	Pista
	Marshall	MTC E 504	2 por día	Pista
	Densidad de campo	MTC E 506 MTC E 508 MTC E 510	Cada 250 m ²	Pista
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m ²	
Emulsión	Según 301.E.03			Tanque/Bidón



Nota: (1) O antes, si por su génesis existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico - mecánicas de los agregados En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica.

(2) Ensayo exigido para capas estructurales en zonas con altitud mayor a 3000 m.s.m

Fuente: Manual de carreteras EG-2013

3.2.3. Fase III

Trabajo de gabinete

En esta fase se realizó la digitalización de resultados de los ensayos, para analizar, comparar y formar una base de datos cualitativos y cuantitativos de toda el área de influencia, información que nos permitirá realizar modelamientos numéricos y gráficos, cuadros y perfiles, etc. Así mismo con los resultados de campo y laboratorio de suelos, se realizó los perfiles estratigráficos de las calicatas realizadas, y su descripción correspondiente. Con los resultados obtenidos de laboratorio y observación del recorrido del tramo III que se encuentra en Challhuahuacho y tramo V que se ubica en Espinar se pudo realizar una comparación entre ambos tramos. También se analizó y observo fallas en el tiempo de duración de la carpeta asfáltica.

3.2.4. Fase IV

Informe final

Para el informe final se consideró toda la recopilación de datos, toda la información de campo y laboratorio obtenidas para seguidamente ser analiza de acuerdo a los resultados y cálculos que se obtuvieron, toda esta información se plasma e interpreta en la presente investigación.



3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

Para el desarrollo de la siguiente investigación se utilizó los siguientes instrumentos y equipos:

A. Instrumento de campo

- Brújula
- GPS (Sistema de posicionamiento global)
- Cámara fotográfica
- Wincha
- Martillo de geólogo
- Combo
- Cincel
- Bolsas de muestra
- Libreta de campo

B. Instrumento de laboratorio

- SPEEDY (Equipo de medición de % de Humedad)
- Tamiz N° 3/4
- Equipos de laboratorio de suelos y pavimentos
- Balanza
- Cono de arena
- Bicicleta de Merlín

Entro otros instrumentos de laboratorio de Geotecnia.



CAPITULO IV

CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

4.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

4.1.1. Caracterización del area de estudio

El presente trabajo de Evaluación de las Características Geológica y Geotécnica que influyen en la Estabilización de Suelos para pavimento abarca dos tramos que se encuentran ubicados en distintos lugares, así como; el tramo III, se ubica en Challhuahucho, este tramo abarca desde Curasco (Km.146+145) - Challhuahucho (Km.230+330), este tramo se estabilizo con suelo emulsión y el tramo V que se encuentra en Espinar abarca desde Empalme. Nueva Carretera (Km. 374+365) - Puente Quero (Km.437+455), este tramo se estabilizo con suelo cemento.

4.1.2. Ubicación

4.1.2.1. Ubicación política

Las zonas de estudios políticamente se encuentran ubicados como se muestran en los siguientes cuadros:

Tramo III (Km: 146+145 – Km: 230+330)

Tabla 7: Ubicación Tramo III

REGION	APURIMAC
PROVINCIA	COTABAMBAS - GRAU
DISTRITO	CHALLHUAHUACHO, PROGRESO.CURASCO

Fuente: Elaboración Propia.

Tramo V (Km: 374+365 – Km: 437+455)

Tabla 8: Ubicación Tramo V

REGION	CUSCO
PROVINCIA	ESPINAR, CHUMBIVILCAS
DISTRITO	YAURI, COPORAQUE, VELILLE

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.2. Ubicación geográfica

El tramo III se encuentra localizado en la zona 18L, y el tramo V se encuentra localizado en la zona 19L, entre las siguientes coordenadas UTM, el cual se puede visualizar en el Anexo 3. 1.

Tabla 9: Ubicación Geográfica

TRAMO	PROGRESIVA (Km.)	COORDENADA UTM		ALTITUD (m.s.n.m.)	LONGITUD (Km.)
		NORTE	ESTE		
III	Km.146+145	8437253.08	796537.99	2804	84.185
	Km.230+330	8441302.46	774651.23	3250	
V	Km.374+365	8390267.32	200341.34	3650	63.090
	Km.437+455	8369311.68	224031.69	3920	

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.3. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio es por vía terrestre desde la ciudad de Puno, para lo cual mencionaremos dos rutas, una ruta para el tramo V que va de Puno hasta Espinar, y la otra ruta que comprende el tramo III que va de Puno hasta Challhuahuacho; el cual se detalla en las siguientes tablas de rutas y distancias.

Tabla 10: Rutas de Acceso al Tramo III

TRAMO	KM	TIEMPO	TIPO DE VIA DE ACCESO
Puno - Juliaca	43.2	0:45 Hrs.	Asfaltado
Juliaca - Ayaviri	95.7	1:20 Hrs.	Asfaltado
Ayaviri - Espinar		1:30 Hrs.	Asfaltado

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11: Rutas de Acceso al Tramo V

TRAMO	KM	TIEMPO	TIPO DE VIA DE ACCESO
Puno – Juliaca	43.2	0:45 Hrs.	Asfaltado
Juliaca - Ayaviri	95.7	1:20 Hrs.	Asfaltado
Ayaviri - Sicuani	110	1:40 Hrs.	Asfaltado
Sicuani - Cusco	141.2	2:30 Hrs.	Asfaltado
Cusco - Challhuahuacho	239	4:30 Hrs.	Asfaltado – Trocha

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.4. Geografía

La geografía que presenta las zonas de estudio varía según el tramo debido a que se encuentran ubicadas en distintos lugares, así como:

En el tramo III se encuentra ubicada en la Región Quechua, según Javier Pulgar La Región Quechua está situada entre los 2300–3500 msnm (metros sobre el nivel del mar) de altitud. Este tramo se encuentra ubicada entre la Provincia de Cotabambas que posee una extensión territorial de 2,612.73 km² y la Provincia de Grau tiene una extensión de 2 174,52. Las Provincias se caracteriza por su difícil accesibilidad. Con una altura aproximadamente sobre los 3.250 msnm

En el tramo V se encuentre ubicada en la Región Suni, según Javier Pulgar Vidal es una región de los Andes que se ubica entre los 3,500 y los 4,000 msnm (metros sobre el nivel del mar). Este tramo se encuentra ubicado entre Provincia de Espinar que tiene una extensión de 5 311,09 km² y la Provincia de Chumbivilcas cuenta con una extensión de 5371.08 km². Con una altura aproximadamente de 3928 metros sobre el nivel del mar, Geográficamente ubicada en una zona frígida, sus temperaturas oscilan entre -4 °C. y 19 °C. dependiendo de la estación, la temporada más propicia para la visita del turismo es de abril a agosto. Las Provincias de Espinar y Chumbivilcas se caracteriza por ser potencia en cuanto a la minería y ganadería por tener muy cerca y dentro de la provincia yacimientos mineros de los cuales se extrae en su mayoría el cobre.



4.1.5. Hidrología

(Kuczynki Godard, Semame Boggid, & Sotillo Palomino, 1981) nos indica que en el tramo III, El drenaje en esta parte norte se realiza a través del río Chalhuhhuacho que desemboca en el río Santo Tomás en el cuadrángulo de Cotabambas, tiene sus nacientes en el flanco este del Nevado Malmanya, recorre con rumbo oeste-este, sus afluentes son numerosos y tienen rumbo perpendicular al río Chalhuhhuacho. El control del drenaje es estructural, en sus nacientes está regido por la falla Record y luego por la falla Mayotingo. El tipo de drenaje de este sector es paralelo sub-dendrítico

La Provincia de Cotabambas cuenta con 29 lagunas, 26 ríos y 41 riachuelos.

En el tramo V, debido a la naturaleza de las unidades rocosas que conforman la cordillera el área de accesibilidad es algo difícil. Entre las dos cadenas de cerros se encuentra la cubeta Yauri en la que discurren los ríos Apurímac y Salado. (De la Cruz B.N.” Geología de los Cuadrángulos de Velille, Yauri, Ayaviri, Azángaro”)

Los ríos más importantes del área son el río Velille y el río Santo Tomás, ambos afluentes del río Apurímac.

4.1.6. Aspectos climatológicos

En el tramo III, Chalhuhhuacho el clima es templado y cálido, en comparación con el invierno, el verano es lluvioso. La temperatura media anual es 8.7 °C, la precipitación es alrededor de 846 mm.

El comportamiento térmico se ve influenciado por la altitud y el relieve, por lo que la oscilación de las temperaturas entre el día y la noche es considerable, la



temperatura mínima anual es de 2.5 °C en el mes de julio, la media anual es de 9.8 °C y las máximas se registran en los meses de noviembre y diciembre con 25.6 °C.

En el tramo V, el clima en toda el área está marcado por dominio de dos estaciones principales: Una estación frígida y seca entre abril – setiembre, ventosa entre los meses de junio - agosto, con temperatura mínimas que durante el día suelen alcanzar los 5° a 7°C y ligeramente un poco más altas en el Valle de Velille. La estación coincide con la mínima precipitación pluvial representada únicamente por nevadas esporádicas, en las noches predominan heladas con temperatura por debajo de los 0°C La estación templada a fría, setiembre y abril, durante este periodo la temperatura en el día puede sobrepasar los 12°C, en tanto en las noches con cielo despejado, la temperatura desciende por debajo de los 0°C, esta época generalmente se caracteriza por ser un periodo lluvioso que se acentúa en los meses de diciembre a marzo.

4.1.6.1. Temperatura

Tramo III

La temporada templada dura 1,5 meses, del 14 de octubre al 30 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 19 °C. El día más caluroso del año es el 13 de noviembre, con una temperatura máxima promedio de 19 °C y una temperatura mínima promedio de 4 °C.

La temporada fría dura 2,8 meses, del 3 de enero al 29 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 17 °C. El día más frío del año es el 6 de julio, con una temperatura mínima promedio de -2 °C y máxima promedio de 17 °C.



Tramo V

SENAMHI nos indica para este tramo que el mes con temperatura más alta es octubre (21.7°C); la temperatura más baja se da en el mes de julio (-1.6°C); y llueve con mayor intensidad en el mes de enero (156.32 mm/mes).

4.1.6.2. Precipitación

Tramo III

SENAMHI nos indica que un día con precipitaciones es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días con precipitación pluvial en Challhuahuacho varía considerablemente durante el año.

La temporada con más precipitaciones dura 4,6 meses, de 9 de noviembre a 29 de marzo, con una probabilidad de más del 26 % de que cierto día será un día con precipitaciones. La probabilidad máxima de un día con precipitaciones es del 50 % el 25 de enero. La temporada más seca dura 7,3 meses, del 29 de marzo al 9 de noviembre. La probabilidad mínima de un día con precipitación es del 1 % el 7 de junio.

Entre los días con precipitación pluvial, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 50 % el 25 de enero. El mes más seco es junio. Hay 4 mm de precipitación en junio. En enero, la precipitación alcanza su pico, con un promedio de 184 mm.



Tramo V

El mes con la precipitación más alta es enero (145.3mm). El mes más seco (con la precipitación más baja) es junio (1.5mm).

4.1.6.3. Humedad

Tramo III

El nivel de humedad percibido en Challhuahuacho, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0 %. El porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío.

Tramo V

SENAMHI indica que el mes con la humedad relativa más alta es febrero (66%). El mes con la humedad relativa más baja es agosto (46%).

4.1.7. Geología local

La geología comprende del estudio de la columna cronoestratigráfica del área y el pasado geológico, aspectos que resultan de especial interés aplicativo, cuando se trata del desarrollo de actividades que implican remociones, excavaciones, y en general, intervenciones en el medio geológico.

La presente evaluación plantea el reconocimiento de las principales formaciones rocosas del área, de sus características físicas y estructurales, de sus potencialidades de



uso, y de sus implicancias ambientales con respecto a las obras a desarrollar durante los trabajos contemplados de mejoramiento, en el Tramo III y Tramo V. (Ver anexo 3.2.)

4.1.7.1. Mesozoico

Jurásico

- **Grupo Yura**

J. Wilson (1962) da el rango de Grupo de la Formación Yura. Se trata de un grupo de unidades litológicas de origen marino, compuesta de sedimentos lutáceos, areniscosos y calcáreos agrupados en 5 formaciones relacionadas cronológicamente: Las formaciones Puente, Cachíos, Labra, Gramadal y Hualhuani, cuyas edades van desde el Jurásico medio hasta el Cretácico inferior.

Este grupo está compuesto por intercalación de lutitas y cuarcitas en la parte superior. Las lutitas son grises bien estratificados intercaladas en bancos de areniscas finas con espesores de 1 – 30 cm. También existen intercalaciones de calizas grises bituminosas Las cuarcitas son macizas y forman barrancos muy abruptos. La pátina es generalmente pardo amarillento. Se presentan en bancos de 0.5 a 5 metros de grosor, a veces intercaladas con horizontes muy delgados de lutitas. El grano es generalmente fino y es muy frecuente la estratificación cruzada. Desde el punto de vista físico-mecánico, los afloramientos presentan moderado grado de intemperismo (M – 3) y alta competencia, formando taludes empinados presentando una alta resistencia al golpe (R – 1, R – 2), los cuales para su remoción será necesario el uso de maquinaria y explosivos en sectores aislados, con cortes de talud entre 1H: 10V.



a. Formación Labra

V. Benavides (1962), lo estudió en el cerro Labra, ubicado inmediatamente al sur de la cresta de Hualhuani, en Arequipa. Litológicamente a nivel de la región presenta una variabilidad en su constitución. En sus niveles basales está constituida principalmente por arenisca cuarzofeldespáticas, de color blanco, marrón amarillento o gris; con intercalaciones milimétricas de arenisca de grano fino a medio o con limoarenitas, limoarcillitas o lutitas negras con contenido fosilífero. A veces la intercalación se da con niveles de calizas o areniscas calcáreas. Esta unidad aflora al sur de la provincia de Andahuaylas en los distritos de San Antonio de Cachi, Chiara, Tumay Huaraca, Santa Maria de Chicmo y Huancarama; en la provincia de Abancay, en los distritos de Curahuasi, Lambrama y Circa; en la Provincia de Grau, en los Distritos de Chuquibambilla, Santa Rosa, Micaela Bastidas, San Antonio, Huayllati y en la provincia de Cotabambas en los distritos de Chalhuanhuacho y Haqira.

La secuencia de esta formación está constituida por rocas sedimentarias con influencia calcárea como son areniscas y el resto por lutitas y calizas, La litología de esta unidad se caracteriza, por la predominancia de areniscas de grano fino a grueso, de color generalmente gris oscuro con algunos niveles que varían de gris claro a rojizo, principalmente en la parte superior. Dentro de esta formación se han encontrado capas calcáreas que se intercalan con las areniscas, fundamentalmente en la parte superior y consisten en calizas negras y gris claras, a veces bastante arenosas; Todo este conjunto litológico se halla bastante plegado o constituyendo grandes ondulaciones. Se ha podido observar que esta formación se halla intruida por eventos magmáticos dacíticos y granodioríticos, Desde el punto de vista físico-mecánico, los afloramientos presenta moderado grado de intemperismo (M – 3) con ligera decoloración superficial y alta



competencia, formando taludes irregulares, en conjunto presentan alta resistencia al golpe ($R - 1$, $R - 2$), los cuales para su remoción será necesario el uso de maquinaria y explosivos en sectores aislados, con cortes de talud entre 1H: 10V.

4.1.7.2. Mesozoico

Cretacio inferior

- **Formación Hualhuani**

W. Jenks (1948) describió a esta unidad como cuarcitas de Hualhuani en Arequipa. Esta formación litológicamente está compuesta por sedimentos de areniscas cuarzosas blancas y grises de grano fino, masivas y con laminaciones. Se presentan intercaladas con niveles de pelitas negras carbonosas. Se tiene afloramientos en la provincia de Andahuaylas en los distritos de Pacucha, Kishuara, huancarama lugares donde aflora con dirección EW y en los distritos de San Antonio de Cachi, Huancaray, Tumay Huaraca y Andahuaylas con dirección NW a SE; por otro lado, en los límites del distrito de Huayana y Tumay Huaraca, este afloramiento rodea al distrito de Pomacocha. Pero donde aflora en grandes extensiones es en la provincia de Antabamba.

- **Formación Murco**

Descrita por Jenks (Esta formación se encuentra distribuida ampliamente por toda la Región. Litológicamente esta formación presenta tres niveles. La base inferior con intercalaciones de arenas rojizas de grano fino con laminaciones oblicuas de bajo ángulo, horizontales y flaser bedding; con limoareanas y lutitas rojas y verdes. Hacia la parte media, presenta estratos submétricos de areniscas cuarzosas y feldespáticas blanca y hacia el techo presenta intercalaciones de areniscas, conglomerados con limoarcillitas y limoareniscas rojas y violáceas con capas delgadas de yeso y calizas. Esta unidad aflora



en concordancia con la formación Hualhuani en las provincias y distritos mencionados en la descripción de la formación Hualhuani. Las exposiciones de la Formación Murco se restringen al límite Norte del cuadrángulo de Velille, donde afloran al Sur de la hacienda Chillorolla, presentan esencialmente areniscas marrón rojizas, en estratos de grosor mediano y limoarcillíticas rojizas algo abigarradas.

Estos afloramientos son identificados en las progresivas: Km. 195+080 – 195+260, Km. 195+680 – 195+880

Cretacio superior

- **Formación Arcurquina**

Esta formación de naturaleza calcárea, se encuentra distribuida ampliamente en las provincias de Antabamba, Abancay, Grau, Cotabambas, Abancay y Andahuaylas; Litológicamente esta formación está dividida en tres miembros:

- La secuencia inferior, presenta calizas micríticas de estratos submétricos de aspecto masivo con concreciones calcáreas, de color gris oscuro, intercalados con niveles esporádicos de estratos de dolomita.
- La secuencia media, consta de calizas de color gris con estratos submétricos bien estratificados, intercalados con niveles pelíticos (limoarcillitas) y estratos de caliza micrítica centimétrica.
- La secuencia superior está formada por calizas micríticas de color gris a negras en estratos métricos con una estratificación grosera, abundantes fósiles mal conservados y nódulos de chert.



4.1.7.3. Cenozoico

Paleógeno

- **Grupo Puno**

Este grupo ha sido ampliamente descrito por muchos autores, entre ellos Gerth, h (1915) que describió inicialmente los afloramientos que se encuentran al noroeste de la ciudad de Puno, posteriormente Cabrera la Rosa, a. y Petersen, G. (1936) lo describieron como formación y Newell, N.D. (op. cit) la elevó a la categoría de grupo. en el área de trabajo se encuentra bien expuesto esencialmente en el cuadrángulo de Ayaviri y parte de Yauri. la secuencia del Grupo Puno al suroeste de Ayaviri, consiste principalmente de areniscas rojizas rosadas y conglomerados. las areniscas son de grano fino a grueso generalmente arcósicas, los constituyentes feldespáticos casi siempre están alterados y tienen coloración clara, los estratos de conglomerado son masivos y menores a 2 m. de espesor. al noreste de la hoja de Yauri, en los cerros Caracara y Jornarani, el grupo Puno es predominantemente arenoso de grano fino a grueso en estratos menores a 1 m. intercalados con limoarcillitas en estratos delgados y de color rojo oscuro a marrón. la litología a lo largo del eje de la vía está constituida principalmente por areniscas de color marrón rojizo de grano fino a medio, intercalado con microconglomerados, con clastos de granito, riolitas, y cuarcitas englobados dentro de una matriz arenosa de color gris rojizo.

Neógeno

Mioceno



- **Grupo Tacaza**

Fue descrita inicialmente por Newell, N.D. (op. cit) como Volcánico Tacaza en la mina del mismo nombre, localizada aproximadamente a 15 Km. al Noroeste de Santa Lucía. En la actualidad el Grupo Tacaza comprende también una secuencia constituida por depósitos de ambiente lagunar y volcánicos de naturaleza lávica, piroclástica y aglomerádica. Durante el cartografiado geológico se ha tratado de diferenciar las unidades mejor expuestas en el cuadrángulo de Velille siguiendo la nomenclatura de Dávila, D. (1988) en el cuadrángulo de Caylloma. Así, en el área de trabajo el Grupo Tacaza está constituido en la base por una fase aglomerádica sobre la que yace otra lávica superior; ambas fases volcánicas están mayormente expuestas en el cuadrángulo de Velille y hacia el Este forman parte de la Cordillera de Laramani (hoja de Yauri) que tiene una orientación Noroeste-Sureste y pasa a la hoja de Ocuvi por la esquina suroeste de la hoja de Ayaviri. (Newell, 1949) Se trata de dos secuencias rocosas, una sedimentaria y otra volcánica. Hacia la base, la secuencia sedimentaria está conformada por conglomerados gruesos, con clastos semi angulosos de cuarcita y caliza de hasta 3m de diámetro. Sobreyaciendo a esta capa se observa areniscas de grano medio a grueso de color gris verde a rojizo que se intercalan con capas delgadas de lutitas rojo violáceas de naturaleza tufácea y capas de brechas, esta unidad tiene un espesor de 15 a 25 m. Hacia el tope presenta capas gruesas de conglomerados con elementos sub-redondeados de cuarcitas y areniscas siendo la matriz bastante tufácea con una potencia de 500 m. Sobre esta secuencia sedimentaria, descansa una potente secuencia volcánica cuya litología consta de derrames lávicos en bancos de 0.5 a 3m, brechas y aglomerados tufáceos retrabajados de naturaleza andesítica, dacítica, y riolítica cuya extensión lateral es de forma lenticular, esta unidad rocosa aflora en los distritos de Curahuasi, Cotabamba y Tambobamba,



- **Formación Orcopampa**

Esta formación fue inicialmente descrita por Caldas, J. (1994) en el cuadrángulo de Orcopampa. Dentro del área de trabajo tiene una amplia distribución y es la unidad volcánica más abundante del Grupo Tacaza. Se le encuentra al Sur de Velille (entre Velille y Esquina); donde está compuesta, en forma general, por estratos aglomerádicos de composición dacítica, de colores variables que gradan de gris violáceo a verdoso; los clastos volcánicos de distribución irregular son menores de 5 cm. de diámetro, excepto en las capas inferiores donde son mayores, tienen formas subangulosas a subredondeadas y están distribuidos en una matriz piroclástica. Hacia arriba los bancos son masivos y se intercalan con piroclastos tobáceos y compactos en capas centimétricas. La composición dacítica de los clastos es muy común, tienen textura porfírica y están compuestos esencialmente por horblenda, piroxeno y biotitas. El grosor de la secuencia aglomerádica se estima en 1,000 m.

En la ruta Velille - Yauri, el Grupo Tacaza presenta pequeños afloramientos cubiertos por material fluvioglaciario; también aparecen en el fondo de la quebrada Fauce al Sur de Marayniyoc donde está representado, esencialmente, por tobas dacíticas de grano grueso a fino y color gris verdoso a verde olivo, en estratos de 10 a 20 cm. de espesor.

La secuencia volcánica del Grupo Tacaza, en la hoja de Yauri forma parte de la Cordillera de Laramani, está constituida esencialmente por rocas volcánicas depositadas en un ambiente lacustrino, posiblemente como parte de la secuencia de los sedimentos del Grupo Puno como se puede observar al Noroeste del poblado de Macari (hoja de Ayaviri).



En la zona de estudio en la formación Orcopampa Lo conforman rocas del tipo volcánico – sedimentario de característico color gris violáceo a marrón claro. Cuya composición está formada por aglomerados de composición dacítica de colores variables que gradan del gris violáceo, los clastos volcánicos son de distribución irregular, así como también piroclastos tobáceos, todo ello soportado en una matriz porfirítica,

Estructuralmente se halla afectada por un sistema de fallamientos con orientación NO – SE, E-O, NE-SO, cuyas intersecciones forman bloques tabulares irregulares con un grado de meteorización progresivo que va incrementándose hacia la parte superior formando materiales de alta competencia.

- **Grupo Maure**

Este grupo litológico se compone de limolitas laminadas y tobáceas de color gris, verde, crema a blanca, alternadas con tobas retrabajadas, areniscas tobáceas y niveles de conglomerados. Esta formación geológica aparece hacia la zona Centro Sur de la Región, y ampliamente en los distritos de Pataypampa y Huaquirca.

Plioceno

- **Grupo Barroso**

S. Mendivil (1965), da la categoría de grupo a la formación homónima estudiada por J. Wilson (1962) en la Cordillera del Barroso. Se trata de unidades litológicas volcánicas, donde se distinguen dos fases: Una lávica y otra tobácea. La base de este Grupo cubre en discordancia erosional a la Formación Pampamarca y hacia su tope está cubierto por depósitos glaciáricos. El grosor de esta unidad se estima en unos 200 m. este grupo se presenta al sur este del distrito de Oropesa, parte central del distrito de Cotaruse y de forma restringida al sur del distrito de Juan Espinoza Medrano.



Unidad Tobácea. Está definida por el dominio de unidades vulcano sedimentarias de naturaleza piroclástica:

- **Complejo Volcánico Malmanya.** Este cuerpo volcánico aflora hacia el sureste de la región y su mayor desarrollo se encuentra en el Nevado de Malmanya, ubicada a 15 Km al sur del distrito de Progreso.

Litológicamente está constituida por derrames piroclásticos de composición andesítica, dacítica, traquiandesítica y riodacítica, con predominancia de los dos primeros. Son de origen fisural y se presentan en capas horizontales de 1m a más de 5m de grosor, bien estratificados. En corte fresco tienen una coloración predominantemente gris oscura con tonalidades rojizas, moradas y gris verdosas, en superficies intemperizadas toman un color claro a rojizo o gris morado. Presenta tres secuencias:

- Una primera secuencia de tobas fuertemente soldadas de cristales y matriz vítrea de color gris oscura.
- Una segunda secuencia de tobas soldadas de cristales con biotita, plagioclasa y cuarzo dentro de una matriz afanítica de coloración gris pardusca.
- Una tercera secuencia de tobas fuertemente soldadas de cristales de plagioclasa y biotita, con cuarzo dentro de una matriz afanítica y de composición más dacítica.

- **Complejo Volcánico Vilcarani**

Se encuentra yaciendo mediante una discordancia erosional sobre el volcánico Malmanya, y está constituido por una secuencia de piroclastos y derrames lávicos, con predominio de los primeros.



La secuencia piroclástica está representada por tobas, tufos, brechas y cenizas. Estas tobas son de composición riolítica y de color blanquecino. Su compactación es variable, existiendo algunos muy duros y compactos y otros bastante blandos y deleznable, fácilmente erosionables.

Esta formación a nivel de la Región, está constituida por secuencias de distinta composición de derrames piroclásticos como:

- Depósitos de piroclastos de caída, moderadamente soldadas (Toba de lapilli, con cenizas de color gris blanquecino de estructura columnar, constituidas principalmente por biotita.
- Tobas de color gris blanquecino en la parte superior con inclusiones de vidrio volcánico (Obsidiana) e ignimbritas gris violáceos.
- Tobas con pómez, biotitas, cuarzo y abundantes fragmentos líticos.
- Tobas soldadas de cenizas, pómez y lavas.
- Tobas blanquecinas, lapillitas de ceniza, alternados con tobas retrabajadas.

Cuaternario

Pleistoceno

- **Depósitos Morrenicos**

Las morrenas están constituidas por bloques de rocas de tamaño heterométrico dispuestas caóticamente con relleno de matriz limoarenosa o gravosa según sea el caso. Estas unidades se hallan en las partes altas de las montañas o en flancos de quebradas de origen glaciar, formando terrazas altas cortas.



Por lo general sus depósitos están muy disectados debido a las erosiones posteriores. Presentan diversos tipos de acumulaciones morrénicas, agrupados en morrenas de fondo, laterales y frontales.

- **Depósitos Fluvioglaciales**

Están representados por una secuencia heterométrica de fragmentos grandes de roca angulosa envueltos en un matriz limo arcillosa con clastos subredondeados polimícticos, debido a arrastres extensos de masas de suelo producto de la desglaciación. Presentan en algunos casos estratificación debido a la intercalación de eventos de avalanchas continuas recientes.

Holoceno

- **Depósitos Coluviales**

Son depósitos de alteración “in situ” (o casi in-situ) de rocas de las diferentes unidades litológicas existentes que afloran en esa zona; los mismos que han sufrido pocos procesos de transporte por la interacción de agentes como el agua y la gravedad, los cuales los han redepositado en las laderas o al pie de las unidades montañosas. Litológicamente están constituidos de clastos relativamente angulosos envueltos en una matriz arenoarcillosa. Los únicos fenómenos de transporte observados en estos depósitos coluviales son los procesos de desestabilización por los efectos del agua, la que arrastra parte de estos coluviones para constituir un flujo de este material (huayco). También son afectados por procesos de reptación sobre las pendientes fuertes que permiten a los coluviones acumularse hacia las zonas bajas.



- **Depósitos Eluviales**

Se ubican en las laderas de las unidades montañosas cerca de su roca madre. Litológicamente están constituidas por una acumulación de fragmentos rocosos angulosos de hasta de 10 cm de diámetro que se originan como producto de procesos de meteorización físico-química y/o biológica que hacen “cizalla” la roca madre, disgregándose superficialmente. En estos procesos los fragmentos separados son arrastrados por efectos de la gravedad hacia las partes bajas formando acumulaciones poco compactas de tipo “pie de monte” al pie de las vertientes montañosas.

- **Depósitos Fluvioaluviales**

Son depósitos que se observan esencialmente en los cauces de ríos y quebradas. Estos depósitos conforman niveles aluviales relativamente antiguos, formando terrazas dominantes en los cursos de los ríos. Es frecuente encontrar intercalaciones de depósitos lacustres que atestiguan períodos en que los deslizamientos (o derrames volcánicos) represaban el curso de algunos ríos.

Tabla 12: Columna estratigráfica tramo III – Tramo V

ERATEM A	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTATIGRAFICAS	LITOLOGIA	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	DEPOSITOS FLUVIOALUVIALES		Qh-fl	CONFORMADO POR ARENAS MILIMETRICAS A SUBCENTRIMETRICAS FORMANDO BARRAS LONGITUDINALES, GRANOS DE CALIZAS, ARENISCAS E INTRUSIVOS PLUTONICOS(RIO CHALLHUAHUACHO,TAMBOLLAMAYO)		
			DEPOSITOS ELUVIALES		Qh-el	CONFORMADO POR CLASTOS MILIMETRICOS A CENTIMETRICOS, POLIMECTICO, ESTOS AFLORAN EN LOS LATERALES DE LOS VALLES, RELLENANDO CUENCAS HIDROGRAFICAS ACTUALES		
			DEPOSITOS COLUVIALES		Qh-co	GRAVAS Y BLOQUES SUBANGULOSOS CON MATRIZ ARENOSA Y LIMOSA.		
		PLEISTOCENO	DEPOSITOS FLUVIOGLACIALES		Qh-fg	DEPOSITOS DE SEDIMENTOS CON GRANOS QUE VAN DE LOS MILIMETROS A SUBDECAMETRICOS, ALGUNOS CON MAYORIA DE CLASTOS CALCAREOS (HAQUIRA-MARA). POR LO GENERAL EN ZONAS ALTAS AL SECTOR SO		
			DEPOSITOS MORRENICOS		Qpl.mo	SEDIMENTOS CON COMPONENTES LATICOS HASTA MAS DE UN METRO, CON MATRIZ ARENOSA MILIMETRICOS A SUBCENTRIMETRICO.FORMA LADERAS ESTRUCTURALES(RIO ALJALLA, SECTOR SUR OESTE).		
	NEOGENO	PLIOCENO	GRUPO BARROSO		NQ-ba	SE DISTINGUE DOS DEPOSITOS DE ROCAS PIROCLASTICAS: COMPLEJO VOLCANICO MALMAYA; TOBA SOLDADA DE CRISTALES Y LITICOS, HOMOGENEO GRIS OSCURO, DE COMPOSICION DACITICA. COMPLEJO VOLCANICO VILCARANI: SECUENCIAS DE TOBAS MEDIANAMENTE SOLDADAS INTERCALADAS CON ESTRATOS DE TOBAS LAPILLI CON CENIZA, BIOTITA Y LITICOS, UN ULTIMO EVENTO TOBACEO SOLDADO. ESTAS TOBAS SON DE COMPOSICION, RIODACITICA DE COLOR BLANQUESINO		
			MIOCENO	GRUPO MAURE		Nm-ma3	LIMOLITAS LAMINADAS Y TOBÁCEAS DE COLOR GRIS, VERDE, CREMA A BLANCA, ALTERNADAS CON TOBAS RETRAJADAS, ARENISCAS TOBACEAS Y NIVELES DE CONGLOMERADOS.	
				GRUPO TACAZA/ FORMACION ORCOPAMPA		Nm-or	LAVAS ANDESITICAS INTERCALADAS CON TOBAS DACITICAS	
			PALEOGENO	EOCENO PALEOCENO	GRUPO PUNO		P-pu	CONSTITUIDA PRINCIPALMENTE POR ARENISCAS DE COLOR MARRÓN ROJIZO DE GRANO FINO A MEDIO, INTERCALADO CON MICROCONGLOMERADOS, CON CLASTOS DE GRANITO, RIOLITAS, Y CUARCITAS ENGOBADOS DENTRO DE UNA MATRIZ ARENOSA DE COLOR GRIS ROJIZO.
	MESOZOICO	CRETACIO	SUPERIOR	FORMACION ARCURQUINA		Kis-ar_s	SECUENCIAS DE ESTRATOS METRICOS DE CALIZAS MICRITICAS	
					Kis-ar_m	SECUENCIAS DE CALIZAS DE ESTRATOS SUBMETRICOS INTERCALADOS CON NIVELES PELITICOS Y ESTRATOS DE CALIZAS MICRITICAS CENTRIMETRICAS		
					Kis-ar_i	SECUENCIAS DE CALIZAS MICRITICAS MASIVAS		
		INFERIOR	FORMACION MURCO		Ki-mu	HACIA LA BASE INTERCALACION DE ARENAS PARDO ROJIZAS CON LIMOARENAS Y LUTITAS.EN PARTE MEDIA ESTRATOS SUBMETRICOS DE ARENISCAS CUARZOSAS. EN LA PARTE SUPERIOR INTERCALACION DE ARENISCAS, LIMOARCILLAS Y LIMOARENISCAS ROJIZAS.		
					Ki.hu	ARENAS CUARZOSAS BLANCAS EN ESTRATOS METRICOS, GRANO MEDIO		
JURASICO		GRUPO YURA	SUPERIOR	FORMACION GRAMADAL		Js-gr	LUTITAS, ARENICAS GRIS OSCURO. AL MEDIO CALIZAS DE 7 METROS DE GROSOR. AL TOPE LUTITAS, ARENISCAS Y NIVELES RESTRINGIDOS CARBONATADOS	
				MEDIO	FORMACION LABRA		Js-la	ARENAS CUARZOFELDESPATICAS EN ESTRATOS MILIMETRICOS DE COLOR GRIS, INTERCALADOS CON ARENAS CUARZOSAS BLANQUESINAS, LIMOARENAS, LUTITAS Y UN NIVEL DELGADO DE CALIZAS
					FORMACION CACHIOS		Jm-ca	INTERCALACION DE LUTITAS CARBONOSAS, LIMOARENISCAS CLARO DE GRANO FINO

Fuente: Elaboración Propia.



4.1.8. Geología estructural

4.1.8.1. Geodinámica interna

Todo proyecto, en particular el Corredor Vial Empalme. PE-3S (Dv. Abancay – Chuquibambilla – Dv. Challhuahuacho – Santo Tomas – Velille – Yauri – Hector Tejada – Empalme PE – 3S (Ayaviri) , está relacionada necesariamente con la actividad sísmica imperante en nuestro país, habida cuenta que es conocida su particular ubicación sismo tectónica dentro del contexto del universo terrestre, con una historia particularmente reciente que nos muestra la frecuencia y magnitud de eventos sísmicos que han generado desastres en grandes espacios de nuestro territorio, con pérdida de vidas humanas y fuerte impacto negativo en la economía nacional, ejemplo los grandes desastres de mayo de 1970 en Huaraz o el de agosto del 2007 en Ica. Dentro del contexto sismo tectónico mundial, el Perú se encuentra ubicado en lo que se denomina “el Cinturón del Fuego Circumpacífico”, que es el ámbito territorial mundial donde se originan alrededor del 80% de los sismos del mundo. El entorno tectónico del Perú, está encuadrado dentro de lo que se denomina “La Teoría de Tectónica de Placas” que pone a la Placa de Nazca frente a la Placa Continental o Sudamericana con colisión y subducción de la primera sobre la segunda. Este desplazamiento convergente de placas explica la formación de la Cordillera de los Andes y la deformación continental, así como las grandes depresiones del fondo marino.

La amenaza de terremotos en nuestro territorio, lo somete a un factor externo que es el “riesgo sísmico”, por lo que los daños consecuentes estarán en relación directa con la magnitud del evento (peligro natural de origen sismológico) y a la capacidad de respuesta de las estructuras (infraestructura o edificaciones en general) a los diferentes valores de aceleración a las que están sometidas cuando ocurre un sismo. El mayor



conocimiento de los eventos sísmicos, permitirá planificar obras que, con éxito, enfrenten las consecuencias sísmicas. Es oportuno precisar que las condiciones geológicas-geodinámicas locales juegan un papel importante para atenuar o incrementar las aceleraciones sísmicas y en consecuencia los efectos sobre las obras.

En el informe interno del Instituto Geofísico del Perú (IGP) "Observaciones acerca de la neotectónica en el Perú" de 1982 se hacen apreciaciones con conclusiones preliminares acerca de la actividad sismotectónica reciente (cuaternaria) del territorio peruano. En relación con las fallas, se describe que casi siempre las fallas cuaternarias provienen de la reactivación de un fallamiento anterior. En el capítulo de Geología estructural, se ha descrito fallamientos paleozoicos a mesozoicos, no se evidencia fenómenos neotectónicos. Por lo que, de acuerdo a este criterio, no tenemos reactivación de fallas existentes.

De acuerdo a esta norma el territorio nacional se considera dividido en tres zonas, basada en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica. A cada zona se le asigna un factor Z , este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

4.1.8.2. Geodinámica externa

Los fenómenos de geodinámica externa observados en la vía, son desplazamientos temporales de materiales clásticos inconsolidados, los mismos que han tenido relación directa con la vía, porque en muchos casos han ocasionado la suspensión temporal del tráfico y que redundaron en costos de mantenimiento y/o rehabilitación. Sin embargo, la propensión de la ocurrencia de los mismos es evidente y de diversa magnitud, lo cual será



más notable en la fase constructiva, por lo que se deberá adoptar los mayores cuidados y/o previsiones.

A continuación, se describen los tipos de fenómenos de geodinámica externa que ocurren en esta vía:

Deslizamientos

Son movimientos de masas de suelo o roca pendiente abajo, que se desplazan respecto a otro sustrato firme por medio de una o varias superficies de falla, la masa generalmente se desplaza en conjunto pudiendo ser este movimiento lento o muy resuelto.

Estos movimientos se distinguen por la topografía que presentan, las cuales incluyen: escarpas (principales y secundarias), cabeceras, flancos, grietas y saltos.

Los factores que contribuyen a la ocurrencia de estos fenómenos son en general el tipo de depósito; la sobresaturación del terreno por aguas subterráneas y por precipitación pluvial; la deforestación; así mismo la topografía es un factor importante, y la construcción de obras civiles sin sustento técnico las cuales hacen perder el soporte lateral de los taludes y predisponen el movimiento de estos materiales.

En la vía se ha localizado este fenómeno sobre los depósitos y suelos formados de la meteorización y erosión.

4.1.9. Geomorfología

La geomorfología se encarga del estudio de la forma superficial del terreno, en la cual actualmente está siendo sometido debido a todos los factores que contribuyen para su modelado superficial. A esto interviene la geodinámica interna y externa en cuanto al



desarrollo de cada una de ellas, que son los principales aportes para la formación de un determinado geoforma.

Utilizando la información de la topografía del terreno y sobre la base de los paisajes naturales. Se presenta algunas fotografías de las unidades geomorfológicas (Ver anexo 2).

4.1.9.1. Factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos

El relieve terrestre va evolucionando en la dinámica del ciclo geográfico mediante una serie de procesos constructivos y destructivos que se ven permanentemente afectados por la fuerza de gravedad que actúa como equilibradora de los desniveles; es decir, hace que las zonas elevadas tiendan a caer y colmatar las zonas deprimidas. Estos procesos hacen que el relieve transite por diferentes etapas. Los factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos pueden categorizarse en cuatro grandes grupos:

- **Factores geográficos:** Entre los que se consideran los factores abióticos de origen exógeno, tales como el relieve, el suelo, el clima (presión, temperatura y vientos) y los cuerpos de agua (agua superficial, con la acción de la escorrentía, la acción fluvial y marina, o los hielos en el modelado glacial).
- **Factores bióticos:** El efecto de los factores bióticos sobre el relieve suele oponerse a los procesos del modelado, especialmente considerando la vegetación, sin embargo, existen animales que colaboran con el proceso erosivo
- **Factores geológicos:** Tales como la tectónica, el diastrofismo, la orogénesis y el vulcanismo, son procesos constructivos y de origen endógeno que se oponen al modelado e interrumpen el ciclo geográfico.



- **Factores antrópicos:** La acción del hombre sobre el relieve es muy variable, dependiendo de la actividad que se realice, en este sentido es muy difícil generalizar, pudiendo incidir a favor o en contra de los procesos erosivos.

4.1.9.2. Morfogénesis cuaternaria

Las grandes oscilaciones climáticas ocurridas en el cuaternario antiguo (pleistoceno) influyeron decisivamente en la configuración de los rasgos morfológicos de detalle.

Esto debido a que, durante las pasadas glaciaciones, las cumbres más altas de los andes orientales estuvieron cubiertas por mantos de hielo y, las zonas periglaciares y templadas descendieron a altitudes bastante más bajas que las actuales. Muchas de las acumulaciones aluviales y torrenciales de los fondos de valle interandinos tienen su origen en esta época.

El cuaternario holocénico, se caracteriza por una elevación de las temperaturas y el establecimiento de claras configuraciones selváticas en la región. Los procesos erosivos y disección del relieve disminuyen por la mayor cobertura boscosa del terreno, en tanto que los caudales de los ríos aumentan paulatinamente con el calentamiento climático post glacial, acelerando su labor de socavamiento, inundabilidad e incisionamiento.

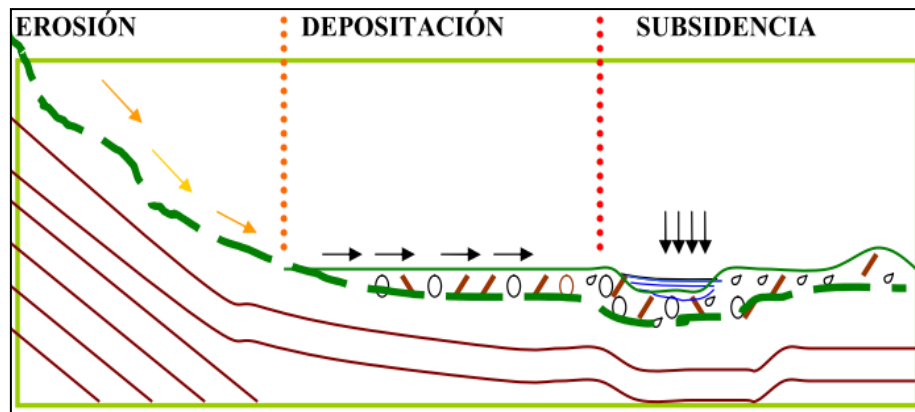


Figura 1: Morfogénesis

4.1.9.3. Unidades morfológicas regionales

A. Relieve cordillerano

Con esta denominación se ha referido a las zonas topográficamente con altitudes por encima de los 4500 m.s.n.m. la cual sigue una dirección andina de NO – SE, las mismas que han sido afectadas por la acción glaciaria pleistocénica, En los cuales las morfoestructuras glaciarias son muy diversas como circos glaciares valle en “U” o artesas y lagunas, generalmente sus pisos son planos o de escasa pendiente y presentan depósitos morrenicos laterales y de fondo que le dan un carácter muy distintivo que contrasta con el modelado del resto de la región. Esta unidad presenta en sus partes bajas un relieve moderado y en las partes altas exhibe pendientes escarpadas, Siendo el resultado de la intensa actividad emergente y erosiva durante el levantamiento y desarrollo de las etapas valle cañón, así como de la glaciación durante el pleistoceno, originando una morfología de cumbres irregulares, constituido en su mayoría por rocas intrusivas pertenecientes al batolito de Apurímac

B. Vertientes montañosas

Son formas fisiográficas de gran magnitud y de origen estructural que configuran una topografía de montañas accidentadas con pendiente de laderas comprendidas entre



25° y 35° y alturas superiores a 300 m, presentan una tasa mediana a alta de disección. La disección se debe a irregularidades litológicas del substrato rocoso compuesto principalmente por rocas intrusivas pertenecientes al batolito de Apurímac, que a su vez alternan con numerosos taludes coluviales, glaciar y fluvio-aluviales. En la zona de estudio esta morfoestructura abarca las zonas de mayor altitud cuyos relieves bordean los 3500 m.s.n.m.

C. Altas mesetas

Bajo el nombre de altas mesetas, se describe una zona de relieve suave truncada por una superficie de erosión que queda a una altura que varía de 3800 a 4,500 m.s.n.m. Esta superficie de erosión es la “superficie Puna”. Ha sido disectada por la erosión, esencialmente glaciar; las huellas de las glaciaciones se observan por encima de los 3,500 m.s.n.m. (valles en U, depósitos morrénicos, etc.). La sucesión de las fases glaciares se nota bien en las partes altas, donde es frecuente observar valles glaciares y morrenas.

Las variaciones litológicas determinan formas de relieve diferente. de la parte centro-Sur de la zona estudiada presentan huellas de erosión kárstica.

D. Valles transversales

Son también elementos morfológicos, de depresiones alargadas, ocupadas por los ríos principales, que tienen un definido rumbo andino en su alineamiento (N-S). Los valles interandinos generalmente son sectores de fallas o ejes de plegamiento, o son también zonas de contacto entre grandes formaciones. Por ello constituyen zonas de debilidad tectónica en la que los agentes erosivos han erosionado valles encajonados, de grandes vertientes montañosas, en cuyos fondos se acumulan los depósitos modernos de



origen fluvial y aluvial. Esta geoforras está representada por el valle de los ríos Matara, Pachachaca, Salado, etc.

E. Altiplanicie

Esta unidad geomórfica se reconoce principalmente en los sectores de Ayaviri y Yauri está representado por una extensa planicie o Cubeta Yauri; en general esta unidad tiene una extensión considerable y se desarrolla sobre altitudes que oscilan entre 3900 m.s.n.m. y 4000 m.s.n.m., con una superficie relativamente ondulada en la que algunas veces se presentan cauces antiguos de ríos abandonados. Los ríos actuales desarrollan meandros sobre esta superficie.

4.1.9.4. Unidades morfológicas locales

a) Montañas

Estas áreas se caracterizan por presentar un relieve muy abrupto de topografía muy accidentada, moderadamente empinadas a muy empinadas, con pendientes que oscilan desde 25 % a más de 75 %, cuyas altitudes varían entre los 3,800 m.s.n.m. a 4,600 m.s.n.m, suelos generalmente superficiales, y abundantes afloramientos del substrato rocoso. Así mismo, la energía de su relieve ha dado lugar en el pasado, al desarrollo de intensos procesos erosivos, algunos de los cuales continúan con diversa intensidad.

Dentro de estas se incluyen áreas que corresponden a la cadena de los andes occidentales, que son la divisoria del área de estudio, atravesada por dos sistemas estructurales cordilleranos de rumbo generalizado SE-NO.



b) Vertientes de montañas disectadas

Son estructuras fisiográficas empinadas con pendientes entre 20° - 35° y elevaciones comprendidas entre los 3500 m.s.n.m. y 3900 m.s.n.m. su formación obedece principalmente a la acción de los procesos morfodinámicos (meteorización física) e hidrogravitacionales (hidrólisis) que han desintegrado la estructura rocosa y descompuesto los minerales ferromagnesianos propios de las rocas aflorantes en la zona de estudio y las rocas intrusivas del batolito de Apurímac para dar lugar al desarrollo de suelos residuales como depósitos coluviales y glaciares morrenicos.

La vía atraviesa esta morfoestructura en las progresivas siguientes: 145+700, km. 158+400 – 171+200 km.

c) Ladera de valle

Estas morfoestructuras están ubicadas hacia las partes laterales del valle de los ríos Matara, Pachachaca, Chuquibambilla, y Vilcabamba están formadas por afloramientos rocosos de edad mesozoica como dioritas, granodioritas, calizas cuarcitas, etc. presentan a su vez pendientes comprendidas entre 20° y 35° , respecto al nivel del fondo de valle.

Dichas morfoestructuras se encuentran cubiertos por materiales inconsolidados provenientes de antiguos deslizamientos (Coluviales) de diferente gradación heterométrica y suelos residuales (Eluviales) cuyos espesores son variables.

Por el drenaje que presenta es interpretado como una zona de falla, cuya debilidad en ambos flancos ha ocasionado la formación de antiguos deslizamientos que se extienden hacia la parte alta de las laderas (ver anexo 2).



d) Terrazas bajas fluvio - aluviales

Son superficies llanas de 0 a 4 % de pendiente, que se hallan principalmente en las márgenes de los ríos Chuquibambilla, Vilcabamba y Matara, Su origen corresponde a los procesos de acumulación entre eventos de inundaciones estacionales los cuales acarrear y depositan fragmentos rocosos de tamaño irregular donde los acontecimientos de máxima magnitud son capaces de moldear las formas y trasladarlas de un lugar a otro.

Debido a la subhorizontalidad del relieve, tienen procesos erosivos sensibles, excepto en sus riberas cuando son atacadas por socavamiento. También existe alguna erosión cuando eventualmente las terrazas son cubiertas por las aguas de inundación. Dos tipos de terrazas fluvio – Aluviales se diferencian: terrazas bajas inundables, y terrazas medias no inundables. Todas las terrazas constan de bancos gravo-arenosos y la distribución de estas partículas tiene que ver con la dinámica cambiante de las corrientes fluviales, así, por ejemplo, hay sectores de playas de río mayormente gravosas y arenosas y otras con acumulaciones más pesadas rodados, bloques y guijas; la posterior elevación de estas playas a niveles de terraza no inundable hace que la litología de las terrazas resulte particularmente cambiante en cortos espacios de terreno.

Las arenas, e incluso los fragmentos más gruesos como pequeñas gravillas, aparecen en los ejes de las corrientes fluviales, donde están las máximas velocidades. Los limos, y más aún las arcillas se dan en las zonas distales de las corrientes. Sin embargo, el cambio de dirección de un río por la evolución de un meandro, puede acumular actualmente arenas sobre bancos anteriormente arcillosos o limosos, o viceversa. Por ello la columna estratigráfica de una sección fluvial en profundidad no puede generalizarse.



e) Quebradas

Estas morfoestructuras presentan una dirección preferencial de NO-SE, S-N, NE-SO, presenta un gradiente comprendido entre 4% - 25% y tiene como afluentes principales a las pequeñas quebradas transversales a la dirección que presentan. Dichas morfoestructuras por la sección transversal empinada en “V”, están considerados como pequeños valles intramontañosos en proceso de formación.

Litológicamente están conformados por antiguos depósitos de origen aluvial, como son: Bolones, bloques y gravas con matriz de finos arenosos y limosos, muy susceptibles a sufrir desestabilización por procesos de tubificación. El gradiente hidráulico se incrementa en temporada de lluvias (noviembre – abril), en los cuales la acción erosiva ha formado pequeñas terrazas de material aluvionico-fluvial y socavamientos sobre el basamento rocoso y materiales de cobertura.

f) Conos de derrubios

Su origen está relacionado a la acumulación de materiales cuaternarios coluvio-aluviales emplazados en ambas márgenes de quebradas tributarias, a los cauces de los ríos Vilcabamba, Matara, y chuquibambilla que le dan una forma de cono triangular, superficialmente presentan un cambio de pendiente abrupto que presenta una corriente de derrubios estacionales, que le da el aspecto característico. De las observaciones realizadas la litología está constituido por suelos friccionantes de orígenes coluvial y aluvial inconsolidados como bolones, bloques y gravas soportadas por una matriz de finos limosos y arcillosos y arena entrelazadas.



g) Lomadas

Esta unidad está ampliamente difundida a lo largo de la provincia, la constituyen elevaciones que fluctúan entre los 4000 y 4300 m.s.n.m. en la que la acción geodinámica de las desglaciaciones sobre el basamento de tobas volcánicas e ignimbritas han formado en la superficie ondulaciones con cubetas profundas y alargadas, permitiendo el desarrollo de suelos finos y fricciantes, relacionado a una intensa actividad fluvial, tal es así que en los cortes de talud de la vía que va de Yauri a Ayaviri, se observa abundante sedimentación de arcillas limosas y gravas arenosas, formando superficies de bajas pendientes.

h) Altiplanicie

Esta unidad geomorfológica se reconoce principalmente en los sectores con mayor altitud a lo largo de la vía en estudio, especialmente en sectores con altitudes comprendidas entre 4000 – 4200 m.s.n.m. lo conforman extensas mesetas de relieve ondulado y de bajas pendientes comprendidas entre 2 – 20 %, sobre los cuales la intensa actividad glacial ha formado zonas de sedimentación a manera de rellenar extensas cubetas longitudinales, permitiendo el desarrollo de suelos fricciantes, lacustre y palustre. Por la altitud a la que se encuentran no presentan procesos de geodinámica activa.



CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS DE LA CARRETERA

Es muy importante evaluar las características geológicas y geotécnicas para la construcción de la carretera, primeramente se identificó y evaluó las condiciones geológicas que presenta el area de estudio, luego se realizó diferentes estudios geotécnicos que comprenden como exploración y excavación de calicatas, recolección de muestras que fueron ensayadas en el laboratorio de Consorcio Vial Sierra y se determinaron las características físicas y mecánicas de los suelos, canteras y así escoger puntos representativos generales y específicos.

Los puntos representativos generales fueron para determinar las características de los suelos predominantes y similares en las calicatas escogidas y los puntos representativos específicos son para determinar las características mecánicas de los suelos.

5.2. CONDICIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE UN AGENTE ESTABILIZANTE PARA PAVIMENTO

5.2.1. Condiciones geológicas

Se identificó varios factores geológicos que influyen en el pavimento en el tramo III y en el tramo V las cuales son:



- Hidrología, es esencial para el desarrollo del proyecto donde se identificó puntos que son usados como fuentes de agua,
- Aspectos Climatológicos, se evaluó los aspectos climatológicos en el tramo III y V, Teniendo en cuenta lo siguiente: en el tramo III la temperatura mínima anual fue de 2.5°C en julio, la media anual era de 9.8°C y las máximas se registraron en noviembre – diciembre 25.6°C, el periodo de precipitación es de noviembre - marzo. En el tramo V la temperatura era variable, la estación frígida y seca es entre abril – setiembre, ventosa junio – agosto que durante el día alcanzan los 5°C a 7°C, setiembre y abril la temperatura sobre pasa los 12°C esta época se caracterizó por un periodo lluvioso que acentúa en los meses de diciembre a marzo, este dato es muy importante para el desarrollo y programación de los trabajos.
- Geología local, nos dio una idea general del tipo de suelo que se encuentra en nuestro area de estudio mediante el reconocimiento de las formaciones, características físicas y estructurales que se describen en el capítulo IV del presente trabajo de investigación.
- Geología Estructural (geodinámica interna y geodinámica externa), se detalla en Capítulo IV, se consideró estas condiciones para evitar futuros problemas en el pavimento.
- Geomorfología, es un factor muy importante que se consideró para evitar futuros problemas en el pavimento y para evitar accidentes de tránsito futuras



5.2.2. Condiciones geotécnicas

Si no consideramos estos factores la carretera a realizar puede adoptar una solución más costosa para ello se revisó, evaluó y analizo la clasificación de la vía el cual será nuestro punto de partida:

5.2.2.1. Clasificación vial.

Según el manual para el diseño de carreteras pavimentados de bajo volumen de tránsito, una vía puede clasificarse por su función y por el tipo de relieve y clima.

1) Clasificación por su Función.

Tenemos:

- Carreteras de la Red Vial Nacional
- Carreteras de la Red Vial Departamental o Regional
- Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural.

Según esta clasificación la carretera pertenece a la Red Vial Nacional, que comprende la ruta PE 3S G del Sistema de Nacional.

2) Clasificación por el tipo de relieve y clima.

Carreteras en terrenos: Planos, ondulados, accidentados y muy accidentados; se ubican indistintamente en la Costa (poca lluvia), Sierra (lluvia moderada) y Selva (lluviosa y muy lluviosa).

Según esta clasificación el 58.85% de la carretera se encuentra en una topografía accidentada y el 41.15% por una topografía ondulada y plana, en zona sierra con lluvia moderada.

5.2.3. Topografía de la zona.

En el tramo III el trazo se inicia en el Centro Poblado de Curasco en el Km 146+145, el trazo recorre con dirección sureste por una topografía accidentada y en forma sinuosa con tangentes cortas hasta llegar al distrito de Progreso Km 177+700, luego continua en forma ascendente con dirección sureste por una topografía accidentada y en forma sinuosa con tangentes cortas hasta el sector de Chalhahuacho.

Se ha identificado considerables porcentajes de curvas y contra curvas críticas en la vía, así como pendientes que superan el 8%, adicionalmente éste Tramo cuenta con un ancho promedio de vía de 4.31 m.

En caso del tramo V presenta una topografía accidentada, un poco ondulada y en ciertos lugares es plana, de Espinar a Velille el tramo es de forma ascendente

Los tramos en estudio presentan una topografía que varía de ondulada accidentada, a fin de describir los tipos de topografía representativas del tramo, se ha visto por conveniente sectorizar la misma como se refleja en la tabla de la siguiente manera.

Tabla 13: Clasificación de la Topografía.

Sector	Long. Km	Topografía	Orografía	Inclinación Transversal
Km. 0+000 - 215+520	215.52	Accidentada	Tipo 3	Terreno Montañoso, varía entre 50 y 100%
Km. 215+520 - 236+700	21 .18	Ondulada	Típo2	Terreno Ondulado, varía entre 10 y 50%
Km. 371+020 - 409+000	37.98	Accidentada	Tipo 3	Terreno Montañoso, varía entre 50 y 100%
Km. 409+000 - 439+100	30.1	Ondulada	Tipo2	Terreno Ondulado, varía entre 10 y 50%

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.4. Estudios desarrollados

- Estudio de los suelos, para determinar sus características físico – mecánicas, con la finalidad de definir el perfil estratigráfico representativo.



- Estudio de canteras, para lo cual se han ubicado las fuentes de materiales, con volumen adecuado y la calidad requerida de las especificaciones técnicas.
- Estudio de fuentes de agua, para lo cual – similar al caso de canteras - se han determinado las más idóneas por ubicación, accesibilidad, características propias del tipo de intervención de cada tramo y la calidad requerida por las especificaciones técnicas.

Como base se ha tomado los ensayos estándares y especiales descritos a continuación:

Tabla 14: Ensayos de Laboratorio

ENSAYOS ESTÁNDAR	ENSAYOS ESPECIALES
<ul style="list-style-type: none"> - Análisis Granulométrico por tamizado. - Material que pasa la malla N° 200. - Humedad Natural. - Límites de Atterberg (Material que pasa la malla N° 40). - Clasificación de Suelos por los métodos SUCS y AASHTO. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proctor modificado. - California Bearing Ratio (CBR). - Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas. - Porcentaje de Partículas con una y dos caras de fractura (relación es de 1/3: espesor/longitud). - Porcentaje de Absorción (agregado grueso y fino) - Límites de Atterberg (material que pasa la malla N° 200). - Porcentaje de partículas friables. - Equivalente de arena. - Abrasión. - Durabilidad (agregado grueso y fino) - Sales solubles totales. - Contenido de sulfatos. - Impurezas orgánicas. - Pesos volumétricos (suelto y compactado, agregado grueso y fino). - Pesos específicos (suelto y compactado, agregado grueso y fino). - Ensayos de suelos estabilizados con cemento portland, emulsión asfáltica y otros de acuerdo a la propuesta del estudio de Pre inversión pública).

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.5. Estudio de suelos

Se determinó los tipos de materiales o agregados existentes como superficie de rodadura; así como las capas de materiales subyacentes que conforman el tramo III y



Tramo V. Este estudio tiene por finalidad conocer las características y propiedades de los materiales, para establecer su posible comportamiento como cimiento de la plataforma existente y los que se conformen en la medida que el mejoramiento de la serviciabilidad lo establezca; otro de los parámetros que se definió es el valor soporte de suelo, CBR. Se ha evaluado el estado en que se encuentra la plataforma y los suelos componentes, los factores influyentes en su comportamiento como la presencia del agua, medio ambiente y tráfico. La actividad inicial consistió en definir en campo los probables puntos de prospección o pozos exploratorios (calicatas). Posteriormente la segunda actividad fue la ejecución de perforaciones en la plataforma vial en los puntos antes definidos. Esta data permitiría posteriormente definir el perfil estratigráfico y calcular valores de capacidad de soporte. Estas calicatas se efectuaron a “cielo abierto” a una profundidad mínima de 1.5 m. pero en algunos casos tenemos calicatas menores a 1.50 metros debido a que se encontró estratos rocosos a menor profundidad. Se tomó muestras de cada estrato encontrado se describió e identifico con la ubicación, número de muestra y profundidad; luego se colocó en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio.

Posteriormente, se registró los espesores de cada una de las capas del sub-suelo, sus características de gradación, nivel de humedad, plasticidad de los finos y su estado de compacidad. Las calicatas se ubicaron en las siguientes progresivas como se muestra en las tablas en el anexo 1, así mismo se muestra un resumen de los resultados de los ensayos obtenidos de cada calicata. Se realizó los ensayos de laboratorio de las muestras extraídas de cada estrato correspondientes a cada calicata algunos certificados de ensayos se presentan en el Anexo 1.3 y certificados de ensayos de cantera en el anexo 1.4.



5.2.6. Estudio de canteras

Tramo III

5.2.6.1. Cantera km: 195+160 - Cantera de afirmado

Ubicación

Se ubica en la progresiva	: Km. 195+160
Tramo	: Curasco – Km. 226+750
Acceso	: Es por el lado izquierdo
Longitud del acceso	: Adyacente
Tipo de Superficie de la vía de acceso	: Afirmado
Estado de la vía de acceso	: Regular
Este banco de materiales es deposito	: Coluvial

Volumen

Volumen bruto	: 30000 m ³
Volumen utilizable	: 24000 m ³
Volumen desechable	: Según uso

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad. Son de color marrón. El tamaño máximo es de 10”, siendo preponderantes los de 3”.

Tabla 15: Resumen de Ensayos de Laboratorio Canteras Km: 195+160

Ubicación			Clasificación		% de Humedad	Límites			Proctor		C.B.R. 1"		C.B.R. 2"		Abrasión	Durabilidad		Chatas y Alargadas	Peso Específico	
Progresiva. Km.	Lado	Calicata	SUCS	AASHTO		L.L.	L.P.	I.P.	M.D.S.	O.C.H.	100%	95%	100%	95%		Fino	Grueso		Fino	Grueso
195 + 160	Izquierdo	C - 01	GM - GC	A-1-b (0)	5.0	25.93	20.5	5.43	2.161	7.528	55.0	38.4	69.5	49.1	38.99	0.27	0.54	1.2	2.379	2.482
195 + 160	Izquierdo	C - 02	GM - GC	A-1-b (0)	4.3	24.84	19.35	5.49	2.156	7.346	53.0	37.5	68.0	48.2	38.54	0.29	0.51	0.9	2.375	2.475
195 + 160	Izquierdo	C - 03	GM - GC	A-1-b (0)	5.1	27.07	21.99	5.08	2.158	7.299	53.6	38.4	68.0	48.8	38.38	0.31	0.58	0.8	2.377	2.469

Fuente: Elaboración Propia.

Usos y tratamientos: El uso que se dio, así como su rendimiento es el siguiente:

- Estabilización de suelos con emulsión asfáltica -
- Estabilización de suelos con cemento 70%
- Concreto de cemento portland -
- Mezcla asfáltica en frío -
- Mortero asfáltico (arena) -
- Otta seal -
- Tratamiento superficial bicapa -
- Relleno 80%
- Afirmado 80%

Tratamiento según su uso

- Concreto de cemento portland : No es útil
- Mezcla asfáltica en frío : No es útil
- Slurry Seal (arena) : No es útil
- Otta Seal : No es útil
- Tratamiento superficial bicapa : No es útil



Estabilización de suelos con cemento: Zarandeo para obtener agregados < a 2”

Relleno : Zarandeo para eliminar agregados > a 3” y que cumpla con la gradación respectiva

Afirmado : Zarandeo para eliminar agregados > a 2” y que cumpla con la gradación respectiva

Para la extracción de materiales se empleó excavadoras de rueda, cargadores frontales y zarandas.

Periodo de excavación: La extracción de los agregados se efectuó en periodo de estiaje (abril a diciembre).

Propietario : Terceros

5.2.6.2. Cantera km: 200+000 - Material granular para estabilizado

Ubicación

Se ubica en la progresiva : Km. 200+000
Del tramo : Curasco – Km. 226+750
Acceso : Por lado izquierdo
Longitud del acceso : 100 metros
Tipo de superficie de la vía de acceso : Afirmado
Estado de la vía de acceso : Regular

Volumen

Volumen bruto : 120000 m³
Volumen utilizable : 80000 m³
Volumen desechable : Según uso

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad, son de color amarillento, el tamaño máximo es de 9”, siendo preponderantes los de 2”.

Tabla 16: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 200+000

UBICACIÓN DE CANTERA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS POR TAMIZADOS													AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO			
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº100	Nº200	% ABRASIÓN LOS AGREGADOS PÉRDIDA CON	LÍMITE LÍQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	DURABILIDAD	MATERIA ORGÁNICA	
Cantera Km. 200+000	100.0	100.0	95.1	89.2	78.4	71.8	64.2	56.4	45.5	33.5	18.4	13.2	10.9	25.40	2.25	16.80	4.40	3.56	0.523
Cantera Km. 200+000	100.0	100.0	96.2	91.2	82.6	75.7	68.7	60.7	48.8	33.6	16.8	12.2	10.1	-	-	16.40	4.20	-	-
Cantera Km. 200+000	100.0	100.0	95.1	89.1	77.0	67.5	57.6	49.8	43.1	34.3	19.9	14.3	8.9	-	-	15.70	3.70	-	-
Cantera Km. 200+000	100.0	100.0	96.5	91.6	81.0	70.4	60.6	50.9	40.3	30.1	15.7	10.6	8.9	26.03	2.83	16.40	3.80	3.27	0.461
Cantera Km. 200+000	100.0	100.0	98.4	91.9	78.8	66.4	55.6	47.3	40.0	29.2	17.7	11.4	7.2	-	2.41	18.80	4.00	2.96	0.293
Cantera Km. 200+000	100.0	100.0	98.3	92.3	81.3	68.2	58.9	48.7	41.2	31.1	19.1	12.8	8.6	25.17	-	16.20	3.10	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Usos y tratamientos: El uso que se dará, así como su rendimiento.

Periodo de excavación: La extracción de los agregados se efectuó en periodo de estiaje (abril a diciembre).

Propietario : Terceros

5.2.6.3. Cantera km: 200+300 – Cantera de afirmado

Ubicación

Se ubica en la progresiva : Km. 200+300

Del tramo : Curasco – Km. 226+750

Acceso : Por lado izquierdo

Longitud del acceso : 80 metros

Tipo de superficie de la vía de acceso : Afirmado

Estado de la vía de acceso : Regular

Este banco de materiales es deposito : Coluvial

Volumen

Volumen bruto : 125000 m³

Volumen utilizable : 75000 m³

Volumen desechable : Según uso

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad, son de color amarillento, el tamaño máximo es de 9”, siendo preponderantes los de 3”.

Tabla 17: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 200+300

Ubicación			Clasificación		% de Humedad	Límites			Proctor		C.B.R. 1"		C.B.R. 2"		Abrasión	Durabilidad		Chatas y Alargadas	Peso Específico	
Progresiva. Km.	Lado	Calicata	SUCS	AASHTO		L.L.	L.P.	I.P.	M.D.S.	O.C.H.	100%	95%	100%	95%		Fino	Grueso		Fino	Grueso
200 + 300	Izquierdo	C - 01	GM - GC	A-2-4 (0)	4.0	25.32	19.13	619	2.147	7.504	55.0	39.0	70.0	49.5	26.14	0.32	0.91	1.0	2.402	2.571
200 + 300	Izquierdo	C - 02	GM - GC	A-1-b (0)	5.6	26.4	20.72	5.68	2.141	7.401	55.4	39.8	71.0	50.1	25.72	0.47	0.98	0.8	2.387	2.568
200 + 300	Izquierdo	C - 03	GM - GC	A-1-b (0)	5.0	24.16	18.27	5.89	2.145	7.246	54.0	38.8	69.9	49.7	26.9	0.52	1.01	0.9	2.385	2.576

Fuente: Elaboración Propia.

Usos y tratamientos: El uso que se dio, así como su rendimiento es el siguiente:

- Estabilización de suelos con emulsión asfáltica -
- Estabilización de suelos con cemento 70%
- Concreto de cemento portland -
- Mezcla asfáltica en frío -
- Mortero asfáltico (arena) -
- Otta seal -
- Tratamiento superficial bicapa -
- Relleno 80%
- Afirmado 80%



Tratamiento según su uso

Concreto de cemento portland	: No es útil
Mezcla asfáltica en frío	: No es útil
Slurry Seal (arena)	: No es útil
Otta Seal	: No es útil
Tratamiento superficial bicapa	: No es útil
Estabilización de suelos con cemento	: Zarandeo para obtener agregados < a 2”
Relleno	: Zarandeo para eliminar agregados > a 3” y que cumpla con la gradación respectiva
Afirmado	: Zarandeo para eliminar agregados > a 2” y que cumpla con la gradación respectiva

Para la extracción de materiales se debe emplear excavadoras de rueda, cargadores frontales y zarandas.

Periodo de excavación: La extracción de los agregados puede efectuarse en periodo de estiaje (abril a diciembre).

Propietario : Terceros

5.2.6.4. Cantera km: 214+000 – Agregados utilizados en micropavimento (arena)

Ubicación

Se ubica en la progresiva	: Km. 214+000
Del tramo	: Curasco – Km. 226+750
Acceso	: Por lado izquierdo
Longitud del acceso	: 170 metros



Tipo de superficie de la vía de acceso : Afirmado

Estado de la vía de acceso : Regular

Volumen

Volumen bruto : 125000 m³

Volumen utilizable : 75000 m³

Volumen desechable : Según uso

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad, son de color amarillento, el tamaño máximo es de 3/8”, siendo preponderantes los de N°4”.

Tabla 18: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 214+000

DATOS DEL AGREGADO FINO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LO AGREGADO FINO (% QUE PASA)								LÍMITE LÍQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	EQUIVALENTE DE ARENA	ABRASIÓN	PERDIDA DE SULFATO DE MAGNESIO
	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200					
Cantera Km. 214+000	100.0	80.3	61.4	32.9	24.6	19.0	13.8	9.5	NP	NP	72.31	---	---
Cantera Km. 214+000	100.0	81.6	47.8	29.4	21.2	15.5	10.6	7.5	NP	NP	74.39	---	---
Cantera Km. 214+000	100.0	82.4	57.5	37.1	25.1	17.5	10.6	6.7	NP	NP	74.17	22.93	8.60
Cantera Km. 214+000	100.0	82.0	56.5	34.5	23.3	16.8	11.5	7.5	NP	NP	73.72	---	---
Cantera Km. 214+000	100.0	82.2	54.2	36.4	27.6	23.0	14.4	9.8	NP	NP	74.18	---	---
Cantera Km. 214+000	100.0	82.7	54.5	36.7	25.8	20.5	14.1	9.1	NP	NP	73.56	---	---
Cantera Km. 214+000	100.0	83.2	57.2	42.6	30.5	22.4	13.1	8.1	NP	NP	75.01	23.10	8.70
Cantera Km. 214+000	100.0	82.4	61.9	37.0	25.0	17.2	12.4	8.6	NP	NP	72.03	---	---
Cantera Km. 214+000	100.0	79.8	49.4	31.3	23.2	19.3	12.1	7.6	NP	NP	75.41	---	---
Cantera Km. 214+000	100.0	82.3	51.9	33.2	24.9	19.5	13.9	8.9	NP	NP	73.26	---	---
Cantera Km. 214+000	100.0	80.2	57.7	37.1	29.3	24.0	14.2	9.4	NP	NP	71.57	22.63	8.10
Cantera Km. 214+000	100.0	78.8	55.4	34.7	26.9	22.4	13.3	8.8	NP	NP	74.17	---	---
Cantera Km. 214+000	100.0	82.7	57.7	39.4	27.1	19.8	12.4	7.7	NP	NP	73.51	22.75	8.14
Cantera Km. 214+000	100.0	77.8	53.1	36.2	27.4	20.7	11.7	6.2	NP	NP	73.54	---	---

. **Fuente:** Elaboración Propia.

Para la extracción de materiales se empleó excavadoras de rueda, cargadores frontales y zarandas

Periodo de excavación: La extracción de los agregados se efectuó en periodo de estiaje (abril a diciembre).

Propietario : Terceros



5.2.6.5. Cantera km: 216+400 – Material granular para estabilizado

Ubicación

Se ubica en la progresiva	: Km. 216+400
Del tramo	: Curasco – Km. 226+750
Acceso	: Por lado izquierdo
Longitud del acceso	: 120 metros
Tipo de superficie de la vía de acceso	: Afirmado
Estado de la vía de acceso	: Regular

Volumen

Volumen bruto	: 100000 m ³
Volumen utilizable	: 70000 m ³
Volumen desechable	: Según uso

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad, son de color amarillento, el tamaño máximo es de 9”, siendo preponderantes los de 3”.

Tabla 19: Resumen De Ensayos De Laboratorio Canteras Km: 216+400

UBICACIÓN DE CANTERA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS POR TAMIZADOS												AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO				
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº100	Nº200	% ABRASIÓN LOS ANGELES	PÉRDIDA CON	LÍMITE LÍQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	DURABILIDAD	MATERIA ORGÁNICA
Km. 216+400	100.0	97.1	93.5	83.8	70.0	59.5	52.0	44.2	34.7	26.0	10.0	3.8	2.4	33.2	3.40	NP	NP	2.1	0.89
Km. 216+400	100.0	97.1	93.8	82.2	68.5	58.1	50.5	42.5	32.3	22.8	8.7	3.1	1.9	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	98.6	81.6	70.3	63.6	58.8	54.9	42.6	29.6	13.7	7.0	4.6	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	99.7	95.4	78.7	72.7	66.4	58.0	53.7	39.7	30.7	15.3	6.6	4.2	31.07	3.80	NP	NP	1.80	0.670
Km. 216+400	100.0	100.0	98.6	82.0	76.6	70.3	63.6	54.9	40.6	32.3	19.6	8.7	5.2	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	94.9	88.7	80.7	70.7	64.1	57.7	50.8	41.0	32.3	10.2	4.0	2.8	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	99.0	96.4	85.7	72.7	68.4	60.3	54.9	41.8	27.7	15.7	7.0	3.7	33.21	3.92	NP	NP	2.14	0.619
Km. 216+400	100.0	100.0	96.0	92.6	83.5	73.2	68.9	64.2	56.8	44.7	19.2	7.4	4.6	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	93.7	84.7	70.7	65.7	59.7	54.0	42.7	30.7	19.9	10.3	5.2	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	96.9	91.6	87.4	77.3	71.8	68.1	63.3	57.1	42.7	17.6	7.3	4.7	32.60	2.47	NP	NP	2.64	0.048
Km. 216+400	100.0	100.0	91.7	82.7	73.4	69.0	61.7	52.7	43.5	28.7	13.7	8.7	4.0	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	97.3	89.1	75.0	66.4	59.0	51.5	40.8	30.1	10.3	3.5	2.5	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	93.7	81.7	74.7	68.7	63.7	50.7	40.4	30.7	19.7	10.6	4.7	32.84	4.25	NP	NP	2.16	0.305
Km. 216+400	100.0	100.0	95.7	82.7	77.0	72.4	65.7	52.4	42.7	28.7	18.4	9.5	3.7	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	98.6	92.6	80.3	73.1	69.3	60.3	51.6	38.6	30.1	15.6	10.6	4.6	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	88.7	78.7	71.7	66.0	60.0	50.7	39.6	28.7	19.7	12.3	5.3	-	3.08	NP	NP	2.83	0.306
Km. 216+400	100.0	100.0	94.7	81.7	74.0	69.0	59.7	51.4	40.4	25.7	16.5	8.7	4.7	31.03	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	97.7	83.4	72.7	65.7	58.7	50.7	38.7	28.7	13.7	9.6	5.3	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	100.0	84.8	74.2	67.0	60.4	53.0	41.5	30.9	15.0	6.9	2.9	30.81	3.07	NP	NP	2.74	0.349
Km. 216+400	100.0	100.0	92.6	81.6	70.6	64.6	59.6	54.6	42.6	29.1	15.7	10.6	4.2	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	90.6	80.6	72.6	65.3	60.2	52.6	40.6	27.6	13.3	8.6	4.0	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	98.6	92.7	83.7	70.7	65.7	59.6	50.7	39.6	26.7	12.7	7.7	3.0	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	93.6	86.9	73.6	66.5	62.6	54.6	42.6	29.5	11.6	8.9	4.5	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	92.7	86.7	71.7	65.7	58.7	50.7	40.3	32.7	19.0	10.7	5.2	32.81	3.29	NP	NP	2.44	0.511
Km. 216+400	100.0	100.0	94.3	84.5	73.6	64.3	56.7	49.3	39.6	32.2	22.2	12.6	4.1	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	98.7	91.7	86.7	73.7	67.6	59.7	54.7	42.7	29.7	18.7	12.7	4.6	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	94.5	85.6	74.7	63.5	55.8	48.2	38.8	30.7	19.7	12.4	7.4	33.08	2.58	NP	NP	2.27	0.448
Km. 216+400	100.0	100.0	93.6	83.7	72.7	65.2	59.0	52.7	38.7	26.0	14.7	8.2	5.5	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	98.7	86.7	76.0	68.6	60.3	54.7	42.1	28.9	12.7	9.2	4.3	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	97.6	91.6	85.6	72.6	63.7	59.5	52.6	40.1	27.6	13.7	8.6	4.0	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	95.6	88.6	74.0	67.4	63.6	56.7	43.7	31.2	15.6	10.2	6.6	31.45	3.81	NP	NP	3.11	0.382
Km. 216+400	100.0	100.0	96.2	82.7	70.4	65.2	58.6	52.6	39.6	28.6	17.5	12.7	5.8	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	93.6	84.6	72.6	65.9	60.2	52.7	40.1	32.7	14.6	8.6	5.1	38.40	3.27	NP	NP	3.07	0.405
Km. 216+400	100.0	100.0	96.5	84.7	73.7	69.0	62.2	55.7	43.4	35.6	18.7	12.9	4.7	38.20	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	92.4	81.7	72.0	66.0	60.2	51.4	39.6	30.7	15.2	9.6	4.7	-	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	95.6	82.8	73.6	67.9	63.9	55.9	43.6	26.6	14.8	10.4	5.7	37.93	2.88	NP	NP	2.79	0.390
Km. 216+400	100.0	100.0	92.7	80.7	71.3	62.7	57.0	49.5	38.2	29.2	15.7	12.6	6.0	37.30	-	NP	NP	-	-
Km. 216+400	100.0	100.0	94.6	83.2	73.6	64.7	56.1	48.7	40.8	34.7	20.2	13.7	5.9	37.68	-	NP	NP	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Para la extracción de materiales se debe emplear excavadoras de rueda, cargadores frontales y zarandas.

Periodo de excavación: La extracción de los agregados se efectuó en periodo de estiaje (abril a diciembre).

Propietario : Terceros

TRAMO V

5.2.6.6. Cantera km: 386+340 – Cantera de afirmado

Ubicación

Se ubica en la progresiva	: Km. 386+340
Tramo	: V
Acceso	: Es por el lado derecho
Longitud del acceso	: Adyacente
Tipo de Superficie de la vía de acceso	: Afirmado
Estado de la vía de acceso	: Directo
Este banco de materiales es deposito	: Coluvial

Volumen

Volumen bruto	: 75000 m ³
Volumen utilizable	: 60000 m ³
Volumen desechable	: 15000 m ³

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad, son de color marrón, el tamaño máximo es de 1 1/2", siendo preponderantes los de 1".

Tabla 20: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 386+340

Ubicación			Clasificación		% de Humedad	Límites			Proctor		C.B.R. 1"		C.B.R. 2"		Abrasión	Durabilidad		Chatas y Agujeros	Peso Especifico	
Progresi va. Km.	Lado	Calicata	SUCS	AASHT O		L.L.	L.P.	I.P.	M.D.S.	O.C.H.	100%	95%	100%	95%		Fino	Grueso		Fino	Grueso
386 + 340	Derecho	C - 01	GM - GC	A-1-b (0)	4.7	23.03	18.33	4.70	2.128	7.891	58.8	41.8	75.7	53.0	24.88	0.13	1.22	0.5	2.373	2.413
386 + 340	Derecho	C - 02	GM - GC	A-1-a (0)	4.7	25.40	20.17	5.23	2.131	8.141	63.0	47.5	79.5	59.3	23.98	0.20	1.09	0.6	2.378	2.415
386 + 340	Derecho	C - 03	GM - GC	A-1-b (0)	4.2	24.82	19.74	5.08	2.136	7.910	61.2	45.5	77.4	57.0	24.38	0.14	1.13	0.7	2.375	2.416

Fuente: Elaboración Propia.



Usos y tratamientos: El uso que se dio, así como su rendimiento es el siguiente:

- Afirmado 80%
- Desechable 20%

Periodo de excavación: La extracción de los agregados se efectuó en periodo de estiaje (abril a diciembre), equipos a utilizar para su extracción es tractor oruga, cargador frontal.

Propietario : Terceros

5.2.6.7. Cantera km: 387+600 – Cantera para afirmado

Ubicación

Se ubica en la progresiva : Km. 387+600

Tramo : V

Acceso : Es por el lado derecho

Longitud del acceso : Adyacente a la carretera

Tipo de Superficie de la vía de acceso : Afirmado

Estado de la vía de acceso : Directo

Este banco de materiales es deposito : Coluvial

Volumen

Volumen bruto : 156000 m³

Volumen utilizable : 93600 m³

Volumen desechable : 62400 m³

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad, son de color marrón, el tamaño máximo es de 1 1/2”, siendo preponderantes los de 1”.

Tabla 21: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 387+600

Ubicación			Clasificación		% de Humedad	Límites			Proctor		C.B.R. 1"		C.B.R. 2"		Abrasión	Durabilidad		Chatas y Alargadas	Peso Especifico	
Progresiv a. Km.	Lado	Calicata	SUCS	AASHTO		L.L.	L.P.	I.P.	M.D.S.	O.C.H.	100%	95%	100%	95%		Fino	Grueso		Fino	Grueso
387 + 600	Derecho	C - 01	GC	A-2-4 (0)	4.3	23.03	15.79	7.24	2.126	8.303	51.8	36.8	66.2	46.5	23.50	0.10	1.08	0.5	2.383	2.442
387 + 600	Derecho	C - 02	GM - GC	A-2-4 (0)	5.0	26.33	19.52	6.81	2.123	8.269	52.8	39.0	67.0	48.7	23.90	0.13	1.23	0.7	2.376	2.435
387 + 600	Derecho	C - 03	GC	A-2-4 (0)	5.1	26.55	19.43	7.12	2.128	8.343	52.0	37.0	66.5	46.8	23.72	0.14	1.00	0.5	2.381	2.440

Fuente: Elaboración Propia.

Usos y tratamientos: El uso que se dio, así como su rendimiento es el siguiente:

- Afirmado 60%
- Desechable 40%

Periodo de excavación: La extracción de los agregados se efectuó en periodo de estiaje (abril a diciembre), equipos a utilizar para su extracción es tractor oruga, cargador frontal.

Propietario : Terceros

5.2.6.8. Cantera km: 388+200 – Cantera para afirmado

Ubicación

Se ubica en la progresiva : Km. 388+200

Tramo : V

Acceso : Es por el lado derecho

Longitud del acceso : Adyacente a la carretera

Tipo de Superficie de la vía de acceso : Afirmado

Estado de la vía de acceso : Directo

Este banco de materiales es deposito : Coluvial

Volumen

Volumen bruto : 60000 m³

Volumen utilizable : 42000 m³

Volumen desechable : 18000 m³

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad, son de color marrón, el tamaño máximo es de 10", siendo preponderantes los de 3".

Tabla 22: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 388+200

Ubicación			Clasificación			% de Humedad	Límites			Proctor		C.B.R. 1"		C.B.R. 2"		Abrasión	Durabilidad		Chatas y Alargadas	Peso Especifico	
Progresiva. Km.	Lado	Calicata	SUCS	AASHTO	L.L.		L.P.	I.P.	M.D.S.	O.C.H.	100%	95%	100%	95%	Fino		Grueso	Fino		Grueso	
388 + 200	Derecho	C - 01	GC	A-2-4 (0)	4.9	28.78	20.99	7.79	2.125	7.920	60.2	44.5	76.2	56.0	21.17	0.21	1.19	0.7	2.389	2.503	
388 + 200	Derecho	C - 02	GC	A-2-4 (0)	4.7	27.08	19.55	7.53	2.122	8.286	57.0	40.1	73.3	51.0	20.40	0.26	1.41	0.7	2.386	2.515	
388 + 200	Derecho	C - 03	GC	A-2-4 (0)	4.4	29.28	21.84	7.44	2.126	8.100	59.3	41.5	76.0	52.7	20.48	0.22	1.24	0.8	2.384	2.511	

Fuente: Elaboración Propia.

Usos y tratamientos: El uso que se dio, así como su rendimiento es el siguiente:

- Afirmado : 70%
- Desechable : 30%

Periodo de excavación: La extracción de los agregados puede efectuarse en periodo de estiaje (abril a diciembre), equipos a utilizar para su extracción es tractor oruga, cargador frontal.

Propietario : Terceros



5.2.6.9. Cantera km: 393+160 – Cantera de afirmado

Ubicación

Se ubica en la progresiva	: Km. 393+160
Tramo	: V
Acceso	: Es por el lado derecho
Longitud del acceso	: Adyacente a la carretera
Tipo de Superficie de la vía de acceso	: Afirmado
Estado de la vía de acceso	: Directo
Este banco de materiales es deposito	: Coluvial

Volumen

Volumen bruto	: 120000 m ³
Volumen utilizable	: 72000 m ³
Volumen desechable	: 48000 m ³

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad, son de color marrón, el tamaño máximo es de 3”, siendo preponderantes los de 1”.

Tabla 23: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 393+160

Ubicación			Clasificación		% de Humedad	Límites			Proctor		C.B.R. 1"		C.B.R. 2"		Abrasión	Durabilidad		Chatas y Alargadas	Peso Específico	
Progresiva. Km.	Lado	Calicata	SUCS	AASHTO		L.L.	L.P.	I.P.	M.D.S.	O.C.H.	100%	95%	100%	95%		Fino	Grueso		Fino	Grueso
393 + 160	Derecho	C - 01	GM - GC	A-2-4 (0)	3.2	24.27	18.01	6.26	2.128	7.858	60.3	43.2	77.0	55.0	22.98	0.36	1.23	0.5	2.422	2.595
393 + 160	Derecho	C - 02	GM - GC	A-1-a (0)	4.1	22.70	16.81	5.89	2.130	8.009	64.5	47.5	82.0	59.5	23.40	0.42	1.28	0.7	2.423	2.589
393 + 160	Derecho	C - 03	GP - GC	A-2-4 (0)	5.0	25.14	18.70	6.44	2.126	7.832	60.2	40.8	77.0	51.5	22.70	0.39	1.09	0.8	2.412	2.597

Fuente: Elaboración Propia.

Usos y tratamientos: El uso que se dará, así como su rendimiento es el siguiente:

- Afirmado 60%
- Desechable 40%

Periodo de excavación: La extracción de los agregados se efectuó en periodo de estiaje (abril a diciembre), equipos a utilizar para su extracción es tractor oruga, cargador frontal.

Propietario : Terceros

5.2.6.10. Cantera km: 431+040 – Cantera de afirmado

Ubicación

- Se ubica en la progresiva : Km. 431+040
- Tramo : V
- Acceso : Es por el lado izquierdo
- Longitud del acceso : Adyacente a la carretera
- Tipo de Superficie de la vía de acceso : Afirmado
- Estado de la vía de acceso : Directo
- Este banco de materiales es deposito : Coluvial

Volumen

Volumen bruto : 117000 m³

Volumen utilizable : 93600 m³

Volumen desechable : 23400 m³

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad, son de color marrón, el tamaño máximo es de 10", siendo preponderantes los de 3".

Tabla 24: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 431+040

Ubicación			Clasificación		% de Humedad	Límites			Proctor		C.B.R. 1"		C.B.R. 2"		Abrasión	Durabilidad		Chatas y Alargadas	Peso Específico	
Progresiva. Km.	Lado	Calicata	SUCS	AASHTO		L.L.	L.P.	I.P.	M.D.S.	O.C.H.	100%	95%	100%	95%		Fino	Grueso		Fino	Grueso
431 + 040	Izquierdo	C - 01	GP	A-1-a (0)	3.2	N.P.	N.P.	N.P.	2.134	8.027	55.0	40.7	69.5	51.0	19.17	0.29	0.94	0.5	2.404	2.601
431 + 040	Izquierdo	C - 02	GP	A-1-a (0)	4.5	N.P.	N.P.	N.P.	2.132	8.271	56.2	40.7	72.3	51.5	28.03	0.27	1.13	0.7	2.394	2.597
431 + 040	Izquierdo	C - 03	GP	A-1-a (0)	4.3	N.P.	N.P.	N.P.	2.136	7.810	52.8	38.0	67.0	47.8	28.73	0.25	1.22	0.7	2.395	2.604

Fuente: Elaboración Propia.

Usos y tratamientos: El uso que se dio, así como su rendimiento es el siguiente:

- Concreto : 80%
- Desechable : 20%

Periodo de excavación: La extracción de los agregados se efectuó en periodo de estiaje (abril a diciembre), equipos a utilizar para su extracción es tractor oruga, cargador frontal.

Propietario : Terceros

5.2.6.11. Cantera Pausiri km: 435+000 – Material granular para estabilizado

Ubicación

Se ubica en la progresiva	: Km. 435+000
Tramo	: V
Acceso	: Es por el lado derecho
Longitud del acceso	: Adyacente a la carretera
Tipo de Superficie de la vía de acceso	: Afirmado
Estado de la vía de acceso	: Directo

Volumen

Volumen bruto	: 100000 m ³
Volumen utilizable	: 70000 m ³
Volumen desechable	: 45000 m ³

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad, son de color marrón, el tamaño máximo es de 10", siendo preponderantes los de 3".

Tabla 25: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 435+000

UBICACIÓN DE CANTERA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS POR TAMIZADOS												AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO				
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº100	Nº200	% ABRASIÓN LOS ANGELES	DURABILIDAD	LÍMITE LÍQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	DURABILIDAD	MATERIA ORGÁNICA
Km. 435+000	100.0	100.0	96.6	90.1	82.1	74.5	68.1	60.4	46.1	29.6	7.4	2.9	2.0	23.14	5.50	NP	NP	2.73	0.886
Km. 435+000	100.0	94.0	87.6	78.5	68.7	60.3	54.0	46.2	34.5	20.5	3.5	1.5	1.2	22.54	5.68	NP	NP	2.76	0.641
Km. 435+000	100.0	100.0	93.9	85.4	76.6	68.0	59.1	52.0	39.9	24.9	4.7	1.9	1.4	---	---	NP	NP	---	0.611
Km. 435+000	100.0	96.6	85.7	77.8	67.7	60.4	53.9	45.9	34.1	19.5	3.5	1.6	1.2	23.55	5.70	NP	NP	2.61	0.805
Km. 435+000	100.0	98.8	92.2	86.5	75.9	67.7	59.5	51.6	39.3	24.2	5.1	1.8	1.3	---	---	NP	NP	---	0.715
Km. 435+000	100.0	100.0	92.0	82.6	71.0	63.2	57.9	50.8	39.1	25.6	5.0	1.9	1.4	22.04	5.92	NP	NP	2.43	0.606
Km. 435+000	100.0	100.0	90.3	83.2	71.2	62.9	55.4	47.6	35.2	21.0	4.7	1.5	1.1	---	---	NP	NP	---	0.735
Km. 435+000	100.0	97.4	91.4	81.1	72.1	62.9	55.4	47.8	36.2	22.6	4.6	2.0	1.5	---	---	NP	NP	---	0.657
Km. 435+000	100.0	97.7	89.9	78.0	64.5	54.7	46.3	40.7	29.6	19.2	6.2	2.8	2.3	---	---	NP	NP	---	0.918
Km. 435+000	100.0	97.9	93.0	87.0	77.6	68.5	61.6	53.0	40.9	26.4	5.6	2.2	1.6	22.88	5.57	NP	NP	2.88	0.779



UBICACIÓN DE CANTERA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS POR TAMIZADOS													AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO			
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº100	Nº200	% ABRASIÓN LOS ANGELES	DURABILIDAD	LÍMITE LIQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	DURABILIDAD	MATERIA ORGÁNICA
Km. 435+000	100.0	97.6	92.9	84.3	74.0	64.9	57.6	49.2	37.7	23.2	3.8	1.7	1.3	22.15	5.42	NP	NP	2.34	0.705
Km. 435+000	100.0	94.6	90.2	83.1	71.0	63.4	57.3	49.4	38.0	24.0	4.1	1.8	1.4	---	---	NP	NP	---	0.732
Km. 435+000	100.0	97.4	92.6	84.4	71.3	60.6	53.1	45.4	34.1	21.9	4.5	1.7	1.2	---	---	NP	NP	---	0.715
Km. 435+000	100.0	100.0	95.6	89.7	75.8	67.6	59.3	50.5	37.7	23.5	4.7	2.1	0.9	---	---	NP	NP	---	0.661
Km. 435+000	100.0	97.6	95.0	81.2	69.5	59.6	51.3	42.2	30.1	18.3	3.9	1.3	1.0	22.12	6.06	NP	NP	2.08	0.838
Km. 435+000	100.0	98.0	91.2	83.8	73.5	65.9	57.7	49.8	36.0	22.8	4.6	1.6	1.2	---	---	NP	NP	---	0.827
Km. 435+000	100.0	100.0	88.9	83.3	70.6	63.2	57.0	49.8	39.8	30.8	16.4	11.1	8.7	22.22	4.75	NP	NP	3.07	0.800
Km. 435+000	100.0	100.0	93.7	84.9	75.7	66.8	57.6	50.2	37.7	23.5	4.3	1.7	1.3	---	---	NP	NP	---	0.669
Km. 435+000	100.0	100.0	93.6	83.9	71.1	63.0	54.2	46.3	36.7	27.4	16.7	11.7	8.8	22.39	6.68	NP	NP	2.76	0.707
Km. 435+000	100.0	100.0	94.7	90.3	76.0	65.3	57.0	48.5	36.0	24.5	7.2	2.7	1.8	---	---	NP	NP	---	0.653
Km. 435+000	100.0	100.0	93.1	83.5	72.3	65.4	56.4	50.2	38.0	26.6	9.0	3.5	2.6	22.52	4.88	NP	NP	2.97	0.782
Km. 435+000	100.0	100.0	96.3	91.2	80.4	70.7	60.2	50.6	39.4	31.1	10.3	2.2	1.1	22.39	7.36	NP	NP	2.13	0.768
Km. 435+000	100.0	100.0	89.1	82.7	69.1	59.7	51.1	44.4	33.6	19.8	4.6	1.9	1.5	---	5.23	NP	NP	2.61	0.751
Km. 435+000	100.0	100.0	90.2	86.3	75.3	66.8	58.8	49.8	37.1	21.5	3.5	1.3	1.0	---	---	NP	NP	---	0.809
Km. 435+000	100.0	100.0	95.3	76.9	64.2	55.5	48.4	41.6	31.0	18.2	4.6	1.4	1.1	---	6.57	NP	NP	2.50	0.690
Km. 435+000	100.0	97.3	95.5	86.3	71.0	61.5	53.5	46.5	36.1	25.1	7.9	2.8	2.0	---	---	NP	NP	---	0.788
Km. 435+000	100.0	100.0	90.3	83.2	71.2	62.9	55.4	47.6	35.2	21.0	4.7	1.5	1.1	---	5.58	NP	NP	2.58	0.609
Km. 435+000	100.0	100.0	92.7	82.1	71.6	60.5	50.2	43.6	34.5	18.0	3.4	1.3	1.0	---	---	NP	NP	---	0.700
Km. 435+000	100.0	97.9	91.6	81.8	72.4	63.3	56.1	48.3	35.4	22.2	4.8	2.0	1.6	---	---	NP	NP	---	0.701
Km. 435+000	100.0	100.0	91.6	82.3	68.4	58.1	50.6	42.8	31.1	17.6	3.6	1.7	1.3	---	---	NP	NP	---	0.767
Km. 435+000	100.0	97.0	94.5	85.8	73.8	63.9	54.1	47.1	33.8	21.2	5.1	2.5	2.0	---	6.73	NP	NP	2.44	0.797
Km. 435+000	100.0	100.0	93.2	82.6	75.2	67.4	59.9	51.2	39.0	23.3	4.6	1.8	1.3	---	---	NP	NP	---	0.811
Km. 435+000	100.0	96.6	87.7	80.3	70.6	64.2	56.7	49.3	36.6	21.3	5.0	2.2	1.6	---	6.45	NP	NP	2.44	0.797
Km. 435+000	100.0	100.0	99.1	92.3	76.1	66.9	59.2	50.7	37.2	22.3	5.2	2.3	1.8	---	5.34	NP	NP	3.05	0.688
Km. 435+000	100.0	97.0	91.2	86.3	77.6	69.8	61.4	51.2	37.5	23.0	7.9	5.8	5.2	---	---	NP	NP	---	0.698
Km. 435+000	100.0	98.8	92.0	86.1	75.3	66.8	58.3	50.2	37.6	23.3	5.2	2.1	1.6	---	5.02	NP	NP	2.73	0.725
Km. 435+000	100.0	97.7	94.3	90.6	79.1	68.7	59.3	50.3	36.6	22.4	5.2	2.2	1.8	---	---	NP	NP	---	0.867
Km. 435+000	100.0	95.1	86.2	78.4	66.3	58.1	47.9	41.6	30.1	16.0	2.9	1.3	1.1	---	---	NP	NP	---	0.714
Km. 435+000	100.0	100.0	98.6	83.6	70.0	59.4	52.1	44.1	31.6	18.1	3.2	1.3	1.0	---	---	NP	NP	---	0.830
Km. 435+000	100.0	98.0	91.7	81.6	62.9	53.7	45.9	38.8	29.5	19.4	5.6	2.1	1.6	---	5.83	NP	NP	2.37	0.918
Km. 435+000	100.0	97.2	91.1	81.5	67.6	56.9	45.5	38.5	27.0	16.6	4.6	1.8	1.4	---	---	NP	NP	---	0.703
Km. 435+000	100.0	98.2	90.6	80.1	64.5	55.9	49.6	42.4	32.7	20.1	7.0	4.7	4.2	---	---	NP	NP	---	0.811
Km. 435+000	100.0	96.8	89.1	83.1	70.8	60.6	51.8	43.6	32.5	19.5	5.1	1.9	1.4	---	4.90	NP	NP	2.62	0.793
Km. 435+000	100.0	100.0	95.1	89.9	77.3	67.5	59.4	51.6	39.0	21.2	3.2	1.6	1.4	---	---	NP	NP	---	0.711
Km. 435+000	100.0	100.0	90.3	80.7	71.2	62.1	54.4	46.0	33.9	23.0	6.5	2.4	1.9	---	---	NP	NP	---	0.767
Km. 435+000	100.0	96.4	91.4	82.2	72.6	64.9	57.0	49.7	38.9	26.2	7.0	2.8	2.1	---	5.62	NP	NP	2.81	0.642
Km. 435+000	100.0	100.0	99.1	89.4	78.4	67.2	56.5	47.0	34.7	23.2	6.2	2.3	1.6	---	---	NP	NP	---	0.788
Km. 435+000	100.0	96.3	95.2	80.0	71.6	65.0	58.2	51.0	39.4	26.3	7.2	2.9	2.0	---	---	NP	NP	---	0.638
Km. 435+000	100.0	97.8	95.3	83.3	71.2	60.7	50.7	41.9	32.8	23.7	6.4	3.2	2.7	---	6.09	NP	NP	2.25	0.753
Km. 435+000	100.0	98.2	96.0	84.4	72.6	62.4	52.2	43.4	34.2	23.7	7.9	4.1	3.0	---	---	NP	NP	---	0.725
Km. 435+000	100.0	100.0	95.6	85.8	72.3	63.7	53.8	47.0	31.9	17.1	4.0	2.1	1.8	---	6.92	NP	NP	2.30	0.709
Km. 435+000	100.0	100.0	100.0	97.1	89.4	79.9	67.3	51.5	34.4	24.4	11.0	5.4	4.6	---	---	NP	NP	---	0.707
Km. 435+000	100.0	97.7	89.9	78.0	64.5	54.7	46.3	40.7	29.6	19.2	6.2	2.8	2.3	---	6.44	NP	NP	2.12	0.832
Km. 435+000	100.0	100.0	96.5	88.0	76.6	67.1	56.9	50.5	38.7	24.5	6.7	2.5	1.7	---	5.83	NP	NP	2.60	0.829
Km. 435+000	100.0	97.3	95.5	86.3	71.0	61.5	53.5	46.5	36.1	25.1	7.9	2.8	2.0	---	---	NP	NP	---	0.713

Fuente: Elaboración Propia.

Usos y tratamientos: El uso que se dará como material granular para estabilizado:



Periodo de excavación: La extracción de los agregados puede efectuarse en periodo de estiaje (abril a diciembre), equipos a utilizar para su extracción es tractor oruga, cargador frontal.

Propietario : Terceros

5.2.6.12. Cantera Coporaque km: 437+500 – Material granular para estabilizado

Ubicación

Se ubica en la progresiva : Km. 437+500
Tramo : V
Acceso : Es por el lado derecho
Longitud del acceso : Adyacente a la carretera
Tipo de Superficie de la vía de acceso : Afirmado
Estado de la vía de acceso : Directo

Volumen

Volumen bruto : 120000 m³
Volumen utilizable : 78000 m³
Volumen desechable : 35000 m³

Características de materiales: Los agregados gruesos son de forma angular y subangular tienen una textura áspera. Estos materiales granulares tienen plasticidad, son de color marrón, el tamaño máximo es de 10", siendo preponderantes los de 3".

Tabla 26: Resumen de Ensayos de Laboratorio Cantera Km: 437+500

UBICACIÓN DE CANTERA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS POR TAMIZADOS											AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO					
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 100	N° 200	% ABRASIÓN LOS ANGELES	PÉRDIDA CON SULFATO DE	LÍMITE LÍQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	DURABILIDAD	MATERIA ORGÁNICA
Km. 437+500	100.0	100.0	94.1	88.5	78.4	68.6	58.1	49.7	38.4	30.3	10.0	2.1	1.0	18.76	1.73	NP	NP	0.55	0.352
Km. 437+500	100.0	100.0	93.9	86.1	73.0	64.1	56.4	49.2	37.9	29.1	10.3	3.2	1.8	---	---	NP	NP	---	0.380
Km. 437+500	100.0	100.0	92.5	84.5	70.6	61.8	54.5	47.9	37.2	28.4	10.0	3.1	1.6	---	1.37	NP	NP	1.08	0.427
Km. 437+500	100.0	97.7	92.9	86.5	75.1	64.8	54.9	49.0	38.6	27.3	7.4	1.5	1.0	---	---	NP	NP	---	0.385
Km. 437+500	100.0	98.8	95.9	89.2	78.9	67.3	57.1	49.6	38.1	29.1	7.9	1.5	1.0	---	1.59	NP	NP	1.02	0.436
Km. 437+500	100.0	100.0	95.9	87.8	76.5	65.9	54.2	47.9	36.3	25.6	6.9	1.5	1.0	---	---	NP	NP	---	0.326
Km. 437+500	100.0	100.0	94.5	88.8	73.6	62.0	52.0	42.1	29.7	14.7	2.3	1.2	0.9	---	---	NP	NP	---	0.303
Km. 437+500	100.0	100.0	97.2	87.7	74.4	63.3	54.6	46.7	36.1	25.7	7.3	1.8	1.0	---	3.17	NP	NP	1.64	0.444
Km. 437+500	100.0	100.0	91.7	79.7	69.3	60.1	50.7	45.3	34.7	26.3	8.6	1.6	0.7	---	---	NP	NP	---	0.463
Km. 437+500	100.0	100.0	92.0	80.6	68.7	61.2	53.9	46.8	37.5	28.0	7.9	2.0	1.3	---	---	NP	NP	---	0.364
Km. 437+500	100.0	100.0	92.0	80.6	68.7	61.2	53.9	46.8	37.5	28.0	7.9	2.0	1.3	---	---	NP	NP	---	0.311
Km. 437+500	100.0	100.0	91.2	80.0	64.3	55.0	47.3	40.1	31.1	23.3	7.3	2.0	1.3	---	2.53	NP	NP	1.16	0.432
Km. 437+500	100.0	98.5	87.9	83.7	73.4	64.8	57.0	49.0	39.5	30.6	7.4	1.6	1.0	---	---	NP	NP	---	0.465
Km. 437+500	100.0	100.0	95.0	86.2	76.3	67.0	58.1	49.8	39.0	30.5	7.4	1.6	1.0	---	---	NP	NP	---	0.369
Km. 437+500	100.0	96.7	93.9	85.0	70.7	62.2	54.7	47.1	36.6	26.2	7.8	2.4	1.8	---	2.62	NP	NP	1.41	0.516
Km. 437+500	100.0	100.0	96.6	84.5	74.0	63.1	55.9	48.2	37.9	27.2	7.8	2.1	1.5	---	---	NP	NP	---	0.466
Km. 437+500	100.0	100.0	94.6	89.2	80.5	69.2	59.2	49.7	37.6	21.3	7.6	2.2	1.1	---	---	NP	NP	---	0.359
Km. 437+500	100.0	96.4	84.1	72.3	58.7	49.5	42.2	35.4	27.1	18.7	6.6	1.5	0.8	---	2.43	NP	NP	1.24	0.470
Km. 437+500	100.0	100.0	94.8	85.2	76.0	66.3	57.6	49.3	38.0	24.2	9.2	3.2	1.5	---	---	NP	NP	---	0.454
Km. 437+500	100.0	100.0	92.4	83.6	70.7	61.4	53.5	45.7	36.5	25.1	9.6	2.1	0.9	---	---	NP	NP	---	0.514
Km. 437+500	100.0	96.4	89.9	82.3	72.5	64.3	56.1	49.2	36.9	27.4	9.4	3.1	1.9	---	2.29	NP	NP	1.70	0.526
Km. 437+500	100.0	96.7	93.9	85.0	70.7	62.2	54.7	47.1	36.6	26.2	7.8	2.4	1.8	---	---	NP	NP	---	0.450
Km. 437+500	100.0	100.0	93.5	86.4	75.8	65.4	54.3	42.8	32.8	24.2	8.9	2.7	1.0	---	3.45	NP	NP	1.34	0.335
Km. 437+500	100.0	95.2	91.4	81.1	71.7	63.3	53.4	45.8	37.6	23.7	6.1	2.4	1.7	---	---	NP	NP	---	0.454
Km. 437+500	100.0	92.5	89.4	77.9	70.1	61.2	54.1	47.1	37.7	27.0	6.9	2.1	0.9	---	3.31	NP	NP	1.62	0.477
Km. 437+500	100.0	91.2	83.0	71.1	61.1	55.1	47.3	43.2	36.3	27.8	8.1	1.7	1.3	---	---	NP	NP	---	0.359

Fuente: Elaboración Propia.

Usos y tratamientos: El uso que se dio como material granular para estabilizado:

Periodo de excavación

La extracción de los agregados puede efectuarse en periodo de estiaje (abril a diciembre), equipos a utilizar para su extracción es tractor oruga, cargador frontal.

Propietario : Terceros

5.2.7. Tramo III – Estabilización de suelo emulsión

En material de aporte para el estabilizado se utilizó de las Canteras Km. 200+000 y Cantera Km. 216+400; la arena chancada para Micropavimento provino de la Cantera Km. 214+000.

5.2.7.1. Diseño de estabilizado.

Vásquez Concha, (2019) indica que para la elaboración del diseño el material de aporte para el estabilizado fue de las Canteras Km. 200+000 y Cantera Km. 216+400. Se realizó muestreos de las Canteras en mención (cinco puntos los cuales fueron mezclados para una muestra representativa y se procedió a realizar el Diseño de Estabilizado de material granular con Emulsión. Se realizó el diseño siguiendo la metodología de Illinois y lo indicado en la Norma Peruana EG-2013 especificación 301 Suelos estabilizados con emulsión asfáltica. Para el presente diseño se han realizado los siguientes ensayos de Laboratorio:

- Granulometría del suelo
- Porcentaje (%) de agua, respecto al peso del suelo seco.
- Tipo y contenido óptimo de emulsión (%)
- Contenido óptimo de residuo asfáltico (%)
- Recubrimiento de la mezcla (%)
- Humedad óptima para compactación (%).
- Estabilidad Marshall (kg).

Tabla 27: Resultados de Verificación de Diseño.

% ASFALTO RESIDUAL: 1.8% EMULSIÓN ASFÁLTICA	3.0
% DE AGUA PARA RECUBRIMIENTO	6.5
% CONTENIDO DE AGUA PARA COMPACTACIÓN (2% a 8%)	7.8
% CEMENTO ASFÁLTICO RESIDUAL (EN PESO DE LOS AGREGADOS)	1.8
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.229
ESTABILIDAD MODIFICADA SECA (kg)	1670
ESTABILIDAD MODIFICADA HÚMEDA (kg)	1180
FLUJO (0.01 pulg.)	19.7
HUMEDAD ABSORBIDA (%)	1.7

Fuente: Vasquez Concha Melvin, 2019

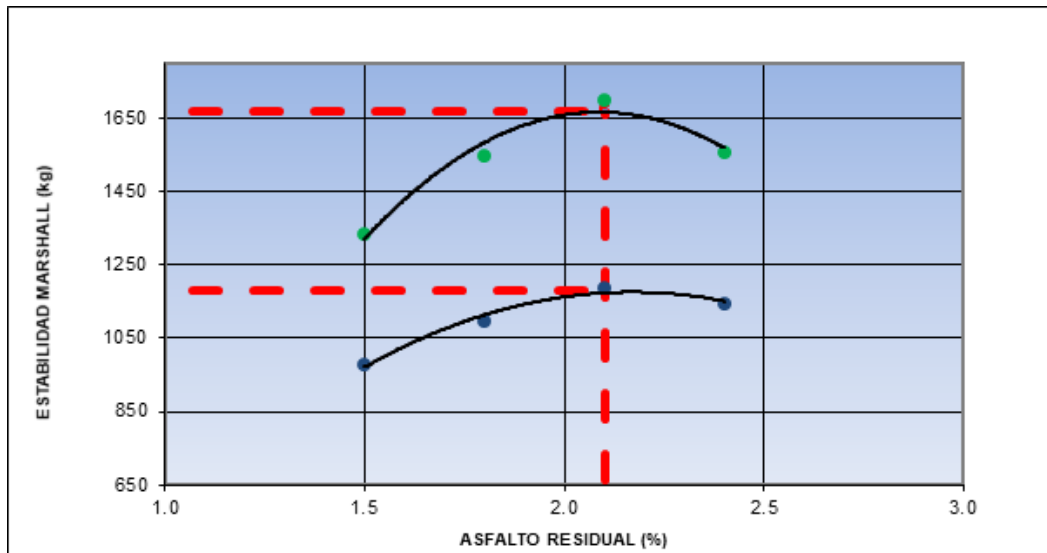


Figura 2: Estabilidad Marshall Vs Asfalto residual en la mezcla de estabilizado.

En la figura 2 y tabla 27 se asume como aplicable un residuo de 1.8% de emulsión en la que llegamos a una estabilidad Marshall de 1180Kg y una pérdida de estabilidad máxima de 29%, siendo que el máximo es 50%.

Además, si bien es cierto que la estabilidad va en aumento el incremento del contenido de residuo; debemos de mencionar que a mayor residuo asfáltico también se tendrá mayor contenido de agua en la mezcla, la cual afectaría a la compactación (dado que el suelo cuenta con una humedad propia); estos valores son obtenidos en condiciones de laboratorio. Para el diseño se empleó emulsión asfáltica Catiónica de rotura lenta Tipo CSS1H.

5.2.7.2. Diseño de micropavimento

Se remitió muestras para el diseño con la arena producida en la Cantera Km. 214+000, las cuales fueron ensayadas en la PEA y se obtuvo el siguiente resultado.

Emulsión : CQS1HP (60-70)

Arena : 100% chancada proveniente de la cantera Km 214+000; granulometría Tipo III.

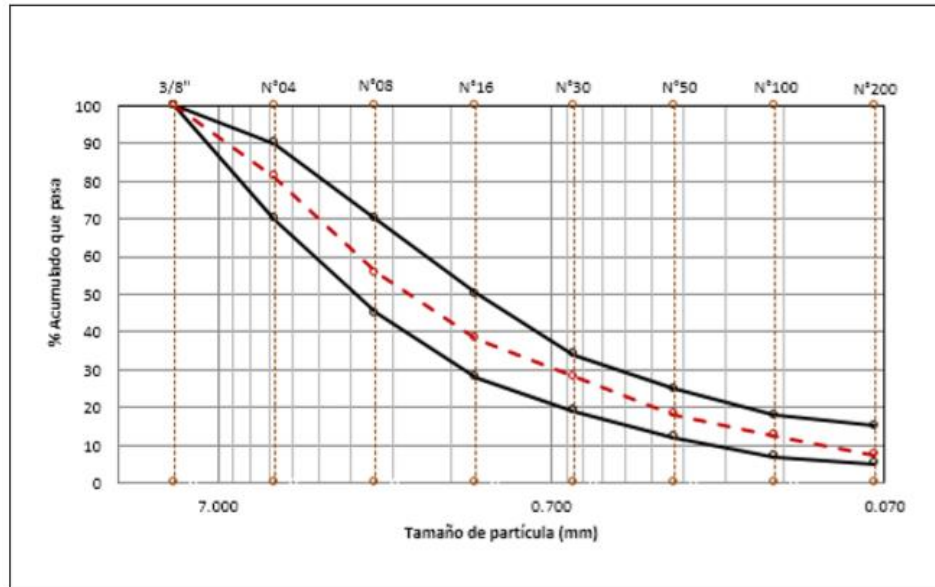


Figura 3: Curva Granulométrica TIPO III, cantera Km 214+000.

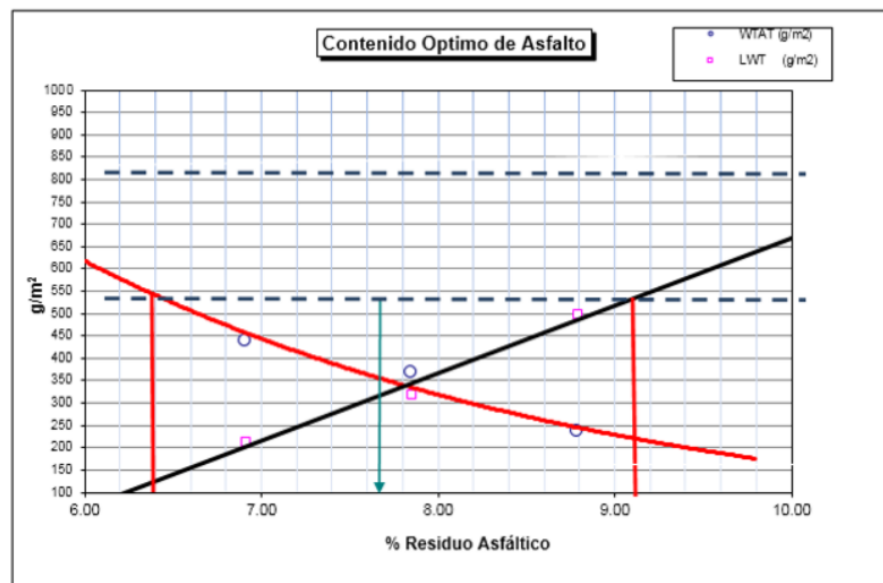


Figura 4: Optimo contenido de Asfalto con fines de Micropavimento, cantera Km 214+000.

Tabla 28: Resultados de Verificación de Diseño.

DESCRIPCIÓN	%
Arena Chancada Tipo III	100.00
Cantidad Optima de Emulsión Asfáltica	12.24
Contenido Optimo de Asfalto Residual	7.69
Cantidad de Agua	12.00
Filler (Cemento)	1.00

Fuente: Elaboración Propia.



5.2.7.3. Producción de agregados

a) Material granular

Se realizaron los controles de material granular para el estabilizado con Emulsión.

Las canteras que se explotaron para este tramo son las del Km. 200+000 y Km. 216+400, los controles se realizaron de acuerdo a la EG-2013 y a las especificaciones técnicas del PGV.

b) Arena chancada para micropavimento

Se realizó los controles de la arena para micropavimento. La cantera en el que se realiza la producción está situada en el Km. 214+000, los controles se realizaron de acuerdo a la EG-2013 y a las especificaciones técnicas del PGV.

5.2.7.4. Controles de campo

a) Terraplén

Se realizaron los controles de conformado de Terraplén con Material Granular. Los materiales que se emplearon en el Terraplén fueron de la cantera Km. 216+400.

Se aprecia que se cumple con el grado de compactación mínimo exigida, 95% de la máxima densidad proctor modificado, resumen estadístico.

Se adjunta a continuación el cuadro de resumen de los ensayos de control de Compactación en Terraplén.

Tabla 29: Control de Densidad y Compactación en Terraplén – Método Cono de Arena

PROGRESIVA DE ENSAYO (km)	PRUEBA DE CAMPO			ENSAYO MARSHALL		GRADO DE COMPACTACIÓN N	ESPECIFICACIÓN	APROBACIÓN	CANTERA	OBSERVACIONES
	DENS. HUMEDA (g/cm3)	HUMEDAD %	DENS. SECA (g/cm3)	OCH %	DENS. BULK SECA (g/cm3)	(%)	(%)		Km.	
217+210	2.394	7.80	2.221	7.60	2.252	98.6	Mínimo 95 %	OK	Acopio Km. 216+400	
217+250	2.380	8.00	2.204	7.60	2.252	97.9	Mínimo 95 %	OK	Acopio Km. 216+400	
217+290	2.325	7.70	2.159	7.60	2.252	95.9	Mínimo 95 %	OK	Acopio Km. 216+400	
217+330	2.360	8.20	2.181	7.60	2.252	96.9	Mínimo 95 %	OK	Acopio Km. 216+400	
217+370	2.346	7.20	2.188	7.60	2.252	97.2	Mínimo 95 %	OK	Acopio Km. 216+400	
217+410	2.290	5.90	2.162	7.60	2.252	96.0	Mínimo 95 %	OK	Acopio Km. 216+400	
217+450	2.320	6.30	2.183	7.60	2.252	96.9	Mínimo 95 %	OK	Acopio Km. 216+400	
217+490	2.371	6.50	2.226	7.60	2.252	98.9	Mínimo 95 %	OK	Acopio Km. 216+400	
217+530	2.286	6.30	2.151	7.60	2.252	95.5	Mínimo 95 %	OK	Acopio Km. 216+400	
217+570	2.325	6.00	2.193	7.60	2.252	97.4	Mínimo 95 %	OK	Acopio Km. 216+400	
RESUMEN ESTADÍSTICO	CANTIDAD			10	10	10	10	10	10	10
	SUMA			23.397	69.900	21.868	76.000	22.520	971.200	950.000
	PROMEDIO			2.340	6.990	2.187	7.600	2.252	97.120	95.000
	MÍNIMO			2.286	5.900	2.151	7.600	2.252	95.500	95.000
	MÁXIMO			2.394	8.200	2.226	7.600	2.252	98.900	95.000
	DESV. STANDARD			0.04	0.88	0.03	0.00	0.00	1.13	0.00
	VARIANZA			0.00	0.78	0.00	0.00	0.00	1.28	0.00
	COEFICIENTE DE VARIACION			1.57	12.66	1.16	0.00	0.00	1.16	0.00

Fuente: Elaboración Propia.

b) Estabilizado de material granular con emulsión

Se realizaron los controles de Estabilizado de Material Granular con Emulsión.

Los materiales que se emplearon en el Estabilizado con Emulsión fueron de las canteras Km. 200+000 y Km. 216+400.

Se aprecia que cumple con los requisitos exigidos en las EG -2013, como Granulometría, pasante malla 200, porcentaje de asfalto residual, densidad seca bulk - mezcla compactada, Marshall estabilidad seca, Marshall estabilidad saturada y pérdida de estabilidad; así mismo la resistencia a la compresión mínima alcanzada es de 26.77 Kg/cm² (2.7Mpa) cumpliendo así lo mínimo requerido en las EG-2013 (18.35 Kg/cm²).

Se aprecia que cumplió con el grado de compactación mínimo exigida, 95% de la densidad seca bulk - mezcla compactada, resumen estadístico.

Se adjunta a continuación la tabla 30 de resumen de los ensayos de control de la estabilización con Emulsión, donde se observa el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

Tabla 30: Resumen Ensayos de Control de Estabilización con Emulsión

GRANULOMETRIA (PORCENTAJE QUE PASA)										CONTENIDO RESIDUO DE ASEALTO (%)	PROMEDIO CONTENIDO RESIDUO DE ASEALTO	DENSIDAD SECA BULK - MEZCLA COMPACTADA	PROMEDIO DENSIDAD SECA BULK - MEZCLA COMPACTADA	MARSHALL ESTABILIDAD SECA (kg)	MARSHALL ESTABILIDAD SATURADA (kg)	PERDIDA DE ESTABILIDAD (%)	PROMEDIO PERDIDA DE ESTABILIDAD (%)	CANTERA (Km.)
2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200									
100.0	100.0	88.1	73.7	65.3	55.7	44.0	33.5	17.7	5.7	1.90	1.82	2.259	2.248	1954.4	1488.5	23.8	24.09	Km. 216+400
100.0	93.7	81.8	67.9	57.8	47.8	39.2	32.0	20.9	7.0	1.74		2.237		1803.4	1364.6	24.3		
100.0	85.6	68.4	60.1	53.1	46.9	38.8	29.8	18.3	10.6	1.76	1.79	2.306	2.306	2141.3	1809.1	15.5	18.15	Km. 200+000
100.0	100.0	81.6	68.0	58.1	48.0	39.4	30.3	20.0	8.6	1.82		2.305		2142.1	1696.9	20.8		
100.0	85.7	58.9	57.4	51.8	48.0	40.1	32.4	20.1	7.9	2.07	2.00	2.244	2.245	2147.1	1745.1	18.7	20.80	Km. 216+400 Km. 200+000
100.0	93.8	66.5	58.8	53.5	49.8	41.1	33.3	21.0	9.2	1.92		2.246		2007.0	1547.8	22.9		
100.0	100.0	90.2	79.0	73.8	66.2	51.5	38.1	19.4	8.5	2.10	2.08	2.268	2.263	2053.5	1680.3	18.2	17.46	Km. 216+400
100.0	100.0	90.1	78.6	70.4	59.5	48.3	36.1	22.3	7.4	2.05		2.258		1960.2	1631.8	16.8		
100.0	92.5	83.3	70.1	61.5	54.3	41.4	30.4	16.5	6.7	1.70	1.78	2.219	2.220	1816.8	1351.7	25.6	24.75	Km. 216+400
100.0	94.3	69.1	62.0	57.1	53.7	45.7	38.5	27.1	16.2	1.86		2.221		1904.7	1449.5	23.9		
100.0	92.6	83.1	72.7	64.2	57.2	43.6	31.8	20.3	8.4	1.86	1.82	2.225	2.222	1645.8	1300.0	21.0	20.76	Km. 216+400
100.0	93.0	77.0	65.9	58.7	50.4	40.8	32.2	20.4	7.7	1.79		2.218		1932.5	1536.2	20.5		
100.0	94.8	86.6	76.0	64.1	58.5	46.7	35.9	19.0	7.5	1.79	1.76	2.203	2.208	1769.9	1404.3	20.7	21.96	Km. 216+400
100.0	94.7	85.8	74.7	62.0	55.6	43.6	32.6	15.4	3.1	1.73		2.212		1803.6	1383.9	23.3		
100.0	83.4	73.7	66.2	56.7	50.0	42.1	33.2	18.5	7.6	1.74	1.73	2.230	2.228	2027.1	1724.0	15.0	18.22	Km. 216+400
100.0	83.5	74.5	67.3	58.4	52.0	44.3	36.1	23.2	8.2	1.72		2.226		2060.9	1618.0	21.5		
100.0	91.5	79.1	72.8	62.8	56.5	46.3	36.8	22.7	7.6	1.75	1.76	2.221	2.228	2048.4	1662.0	18.9	19.58	Km. 216+400
100.0	91.5	79.1	72.8	62.7	56.7	46.3	36.7	22.1	7.5	1.76		2.234		2121.2	1690.8	20.3		
100.0	91.9	81.0	68.6	57.0	53.0	42.1	32.6	19.1	7.6	1.80	1.88	2.185	2.187	2479.4	1908.2	23.0	21.42	Km. 216+400
100.0	90.8	78.1	66.0	54.1	47.4	37.8	29.7	17.6	7.7	1.96		2.189		2259.8	1812.4	19.8		
100.0	93.5	78.4	68.7	60.2	54.1	43.3	34.1	20.1	7.5	1.95	1.87	2.225	2.228	2187.0	1666.1	23.8	22.72	Km. 216+400
100.0	92.6	77.5	69.3	60.5	52.4	41.7	32.9	19.2	6.8	1.80		2.232		2194.9	1720.3	21.6		
100.0	93.8	79.7	66.1	56.5	49.7	41.1	33.1	22.2	9.8	1.72	1.84	2.230	2.233	2180.5	1664.0	23.7	22.15	Km. 216+400
100.0	93.3	81.4	67.0	58.2	51.2	41.8	33.8	22.2	9.2	1.96		2.236		2183.2	1733.3	20.6		
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	12	24	12	24	24	24	12	CANTIDAD
2400.0	2226.5	1893.0	1649.7	1438.5	1274.6	1031.0	805.9	485.3	194.0	44.2	22.1	53.6	26.8	48824.7	38588.8	504.1	252.1	SUMA
100.0	92.8	78.9	68.7	59.9	53.1	43.0	33.6	20.2	8.1	1.84	1.84	2.235	2.235	2034.4	1607.9	21.0	21.0	PROMEDIO
Máximo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.3	2.5	---	---	---	---	50.0	ESPECIFICACIÓN
Mínimo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.3	1.5	---	---	---	---	---	---
100.0	83.4	58.9	57.4	51.8	46.9	37.8	29.7	15.4	3.1	1.70	1.73	2.19	2.19	1645.80	1300.00	14.95	17.46	MÍNIMO
100.0	100.0	90.2	79.0	73.8	66.2	51.5	38.5	27.1	16.2	2.10	2.08	2.31	2.31	2479.40	1908.20	25.60	24.75	MÁXIMO
0.00	4.69	7.58	5.71	5.24	4.64	3.27	2.51	2.47	2.25	0.12	0.10	0.03	0.03	186.59	164.54	2.82	2.32	DEV. ESTANDAR
0.00	5.06	9.61	8.30	8.74	8.73	7.62	7.48	12.23	27.78	6.46	5.56	1.31	1.33	9.17	10.23	13.40	11.07	COEF. VARIACIÓN

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 31: Control de Densidad y Compactación en Estabilizado con Emulsión – Método Cono de Arena.

PROGRESIVA DE ENSAYO	PRUEBA DE CAMPO			ENSAYO MARSHALL		GRADO DE COMPACTACIÓ N	ESPECIFICACIÓ N	APROBACIÓN
	DENS. HUMEDA	HUMEDA D	DENS. SECA	OCH	DENS. BULK SECA			
(km)	(g/cm3)	%	(g/cm3)	%	(g/cm3)	(%)	(%)	
204+080	2.315	6.80	2.168	7.40	2.248	96.4	Mínimo 95 %	OK
204+120	2.284	6.70	2.140	7.40	2.248	95.2	Mínimo 95 %	OK
204+160	2.279	6.50	2.140	7.40	2.248	95.2	Mínimo 95 %	OK
204+200	2.291	6.80	2.145	7.40	2.248	95.4	Mínimo 95 %	OK
204+240	2.293	6.50	2.153	7.40	2.248	95.8	Mínimo 95 %	OK
204+280	2.310	6.60	2.167	7.40	2.248	96.4	Mínimo 95 %	OK
204+320	2.309	6.40	2.170	7.40	2.248	96.5	Mínimo 95 %	OK
204+360	2.350	7.00	2.196	7.40	2.248	97.7	Mínimo 95 %	OK
204+400	2.306	6.20	2.171	7.40	2.248	96.6	Mínimo 95 %	OK
204+440	2.313	6.80	2.166	7.40	2.248	96.4	Mínimo 95 %	OK
204+480	2.368	6.70	2.219	7.40	2.248	98.7	Mínimo 95 %	OK
204+520	2.311	7.20	2.156	7.40	2.248	95.9	Mínimo 95 %	OK
204+560	2.317	6.90	2.167	7.40	2.248	96.4	Mínimo 95 %	OK
204+600	2.354	7.10	2.198	7.40	2.248	97.8	Mínimo 95 %	OK
204+640	2.318	7.10	2.165	7.40	2.248	96.3	Mínimo 95 %	OK
204+680	2.342	7.00	2.189	7.40	2.248	97.4	Mínimo 95 %	OK
204+720	2.295	7.10	2.143	7.40	2.248	95.3	Mínimo 95 %	OK
204+760	2.283	6.40	2.146	7.40	2.248	95.5	Mínimo 95 %	OK
204+800	2.312	6.20	2.177	7.40	2.248	96.9	Mínimo 95 %	OK
204+840	2.304	6.50	2.163	7.40	2.248	96.2	Mínimo 95 %	OK

PROGRESIVA DE ENSAYO	PRUEBA DE CAMPO			ENSAYO MARSHALL		GRADO DE COMPACTACIÓ N	ESPECIFICACIÓ N	APROBACIÓN
	DENS. HUMEDA (g/cm ³)	HUMEDA D %	DENS. SECA (g/cm ³)	OCH %	DENS. BULK SECA (g/cm ³)			
(km)						(%)	(%)	
204+880	2.360	6.80	2.210	7.40	2.248	98.3	Mínimo 95 %	OK
204+920	2.315	6.70	2.169	7.40	2.248	96.5	Mínimo 95 %	OK
204+960	2.301	6.40	2.163	7.40	2.248	96.2	Mínimo 95 %	OK
205+000	2.301	6.50	2.161	7.40	2.248	96.1	Mínimo 95 %	OK
205+040	2.340	6.70	2.193	7.40	2.248	97.6	Mínimo 95 %	OK
205+080	2.304	6.80	2.216	7.40	2.248	98.6	Mínimo 95 %	OK
205+120	2.360	6.40	2.195	7.40	2.248	97.7	Mínimo 95 %	OK
205+160	2.315	6.60	2.151	7.40	2.248	95.7	Mínimo 95 %	OK
205+200	2.301	6.70	2.230	7.40	2.248	99.2	Mínimo 95 %	OK
205+240	2.301	6.60	2.244	7.40	2.248	99.8	Mínimo 95 %	OK
205+280	2.341	6.50	2.198	7.40	2.248	97.8	Mínimo 95 %	OK
205+320	2.309	6.50	2.168	7.40	2.248	96.4	Mínimo 95 %	OK
205+360	2.336	6.70	2.189	7.40	2.248	97.4	Mínimo 95 %	OK
205+400	2.322	5.20	2.207	6.20	2.306	95.7	Mínimo 95 %	OK
205+440	2.336	6.00	2.204	6.20	2.306	95.6	Mínimo 95 %	OK
205+480	2.336	5.30	2.219	6.20	2.306	96.2	Mínimo 95 %	OK
205+520	2.336	5.50	2.215	6.20	2.306	96.0	Mínimo 95 %	OK
205+560	2.317	5.20	2.202	6.20	2.306	95.5	Mínimo 95 %	OK
205+600	2.332	5.40	2.212	6.20	2.306	95.9	Mínimo 95 %	OK
205+640	2.324	5.60	2.201	6.20	2.306	95.4	Mínimo 95 %	OK
205+680	2.339	5.20	2.223	6.20	2.306	96.4	Mínimo 95 %	OK
205+720	2.326	5.40	2.207	6.20	2.306	95.7	Mínimo 95 %	OK
205+760	2.322	5.50	2.201	6.20	2.306	95.4	Mínimo 95 %	OK
205+800	2.325	5.40	2.206	6.20	2.306	95.7	Mínimo 95 %	OK
205+840	2.352	5.40	2.232	6.20	2.306	96.8	Mínimo 95 %	OK
205+880	2.331	5.40	2.211	6.20	2.306	95.9	Mínimo 95 %	OK
205+920	2.331	5.00	2.220	6.20	2.306	96.3	Mínimo 95 %	OK
205+960	2.334	5.30	2.216	6.20	2.306	96.1	Mínimo 95 %	OK
206+000	2.322	5.50	2.201	6.20	2.306	95.4	Mínimo 95 %	OK
206+040	2.324	5.40	2.205	6.20	2.306	95.6	Mínimo 95 %	OK
206+080	2.359	5.60	2.234	6.20	2.306	96.9	Mínimo 95 %	OK
206+110	2.321	6.20	2.186	6.40	2.245	97.4	Mínimo 95 %	OK
206+150	2.275	5.40	2.158	6.40	2.245	96.1	Mínimo 95 %	OK
206+190	2.297	5.30	2.182	6.40	2.245	97.2	Mínimo 95 %	OK
206+230	2.328	5.60	2.205	6.40	2.245	98.2	Mínimo 95 %	OK
206+270	2.262	5.50	2.144	6.40	2.245	95.5	Mínimo 95 %	OK
206+310	2.313	5.60	2.191	6.40	2.245	97.6	Mínimo 95 %	OK
206+350	2.306	5.50	2.186	6.40	2.245	97.4	Mínimo 95 %	OK
206+390	2.335	6.30	2.197	6.40	2.245	97.9	Mínimo 95 %	OK
206+430	2.273	5.40	2.157	6.40	2.245	96.1	Mínimo 95 %	OK
206+470	2.307	5.80	2.180	6.40	2.245	97.1	Mínimo 95 %	OK
206+510	2.259	5.60	2.140	6.40	2.245	95.3	Mínimo 95 %	OK
206+550	2.314	5.50	2.193	6.40	2.245	97.7	Mínimo 95 %	OK
206+590	2.270	5.60	2.149	6.40	2.245	95.7	Mínimo 95 %	OK
206+630	2.276	5.70	2.154	6.40	2.245	95.9	Mínimo 95 %	OK
206+670	2.265	5.60	2.145	6.40	2.245	95.5	Mínimo 95 %	OK
206+710	2.294	5.70	2.170	6.40	2.245	96.7	Mínimo 95 %	OK
206+750	2.322	5.80	2.195	6.40	2.245	97.8	Mínimo 95 %	OK
206+790	2.312	5.90	2.183	6.40	2.245	97.3	Mínimo 95 %	OK

Fuente: Elaboración Propia.

c) Imprimación

La imprimación con emulsión de rotura lenta a una tasa de 0.12Gal/m² (de 0.1 a 0.14gal/m²), aun cuando las especificaciones nos indican de 0.7 a 1.5 L/m² (0.19 a 0.4 Gal/m²); esto debido a la naturaleza de un suelo estabilizado, superficie cerrada; es así que la llamada “imprimación” se comportará como un riego de liga cuya tasa de aplicación en las EG-2013 varia de 0.2 a 0.7 l/m² (0.053 a 0.19 Gal/m²).

Tabla 32: Control de Colocación de Imprimación con Emulsión de Rotura Lenta CSS1H.

TRAMO	Longitud	Ancho	Area	Consumo de Emulsión Gl	Tasa Gl/m ²	Tasa lt/m ²	Tasa bandeja Gl/m ²	OBSERVACION	
204+060	204+890	830.00	2.30	1,909.00	150.00	0.079	0.297	0.122	Lado Derecho
204+060	205+810	1,750.00	3.40	5,950.00	650.00	0.109	0.413	0.120	Lado Izquierdo
204+890	206+800	1,910.00	3.80	7,258.00	850.00	0.117	0.443	0.110	Lado Derecho
205+810	208+900	3,090.00	3.20	9,888.00	1,300.00	0.131	0.498	0.125	Lado Izquierdo
206+800	210+000	3,200.00	3.40	10,880.00	1,200.00	0.110	0.417	0.113	Lado Derecho
210+000	213+140	3,140.00	3.00	9,420.00	1,000.00	0.106	0.402	0.111	Lado Derecho
208+900	213+140	4,240.00	3.00	12,720.00	1,400.00	0.110	0.417	0.115	Lado Izquierdo
213+140	215+430	2,290.00	3.00	6,870.00	800.00	0.116	0.441	0.113	Lado Derecho
213+140	216+030	2,890.00	3.00	8,670.00	900.00	0.104	0.393	0.108	Lado Izquierdo
215+430	217+250	1,820.00	3.30	6,006.00	700.00	0.117	0.441	0.174	Lado Derecho
216+030	217+200	1,170.00	3.00	3,510.00	400.00	0.114	0.431	0.110	Lado Izquierdo
217+250	218+640	1,390.00	2.62	3,641.80	600.00	0.165	0.624	0.152	Lado Derecho
217+200	218+640	1,440.00	2.65	3,816.00	700.00	0.183	0.694	0.155	Lado Izquierdo
CANTIDAD		13	13	13	13	13	13	13	
SUMA		39.7	90538.8	10650.0	1.6	5.9	1.628		
PROMEDIO		3.1	6964.5	819.2	0.1	0.5	0.125		
ESPECIFICACIÓN		Máximo	---	---	---	---	---		
		Mínimo	---	---	---	---	---		
MÍNIMO		2.3	1909.0	150.0	0.1	0.3	0.108		
MÁXIMO		3.8	12720.0	1400.0	0.2	0.7	0.174		
DEV. ESTANDAR		0.39	3245.90	351.51	0.03	0.10	0.021		
COEF. VARIACIÓN		12.74	46.61	42.91	22.42	22.42	16.918		

Fuente: Elaboración Propia.

d) Micropavimento

Se realizaron los controles de Micropavimento. Los materiales que se emplearon en la actividad fueron de la cantera Km. 214+000. Se aprecia que cumple con los requisitos exigidos en las EG -2013, como Granulometría, pasante malla 200 y porcentaje de asfalto residual cumpliendo así lo mínimo requerido en las EG-2013.

Se aprecia la gradación estadística mínimo, máximo y promedio del total de lavados asfálticos realizados.

Tabla 33: Resumen de Lavados Asfálticos en Micropavimento.

CANTERA	TRAMO	PUNTO DE MUESTREO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								ASFALTO RESIDUAL (%)
			3/8"	Nº 04	Nº 08	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200	
Km.214+000	Km. 204+060 - Km. 204+350 LD	Km. 204+080	100.0	79.2	56.8	42.0	28.3	19.4	11.3	6.8	7.47
Km.214+000	Km. 204+060 - Km. 204+350 LD	Km. 204+120	100.0	81.8	58.6	43.5	27.8	19.0	11.8	7.4	7.21
Km.214+000	Km. 204+060 - Km. 204+350 LD	Km. 204+190	100.0	82.7	60.2	44.1	29.2	20.2	13.1	8.1	7.44
Km.214+000	Km. 204+060 - Km. 204+350 LD	Km. 204+290	100.0	81.1	58.2	42.2	28.8	19.9	12.2	7.9	7.37
Km.214+000	Km. 204+060 - Km. 204+350 LD	Km. 204+330	100.0	84.4	59.7	39.2	29.2	20.5	12.4	7.1	7.38
Km.214+000	Km. 204+060 - Km. 205+810 LI	Km. 204+120	100.0	82.7	59.4	41.4	27.8	19.1	12.6	8.1	7.36
Km.214+000	Km. 204+060 - Km. 205+810 LI	Km. 204+360	100.0	83.0	60.2	41.3	26.3	18.6	12.2	7.8	7.35
Km.214+000	Km. 204+060 - Km. 205+810 LI	Km. 204+530	100.0	82.4	60.7	42.8	27.1	19.5	11.6	7.2	7.36
Km.214+000	Km. 204+060 - Km. 205+810 LI	Km. 204+610	100.0	82.4	58.9	39.3	29.2	20.4	12.0	7.5	7.31
Km.214+000	Km. 204+060 - Km. 205+810 LI	Km. 204+780	100.0	81.6	57.1	39.3	28.1	20.3	11.4	7.0	7.47
Km.214+000	Km. 204+350 - Km. 206+785 LD	Km. 204+510	100.0	83.1	59.1	39.0	30.0	21.5	12.0	6.6	7.42
Km.214+000	Km. 204+350 - Km. 206+785 LD	Km. 205+100	100.0	83.4	59.4	40.9	28.9	20.4	11.2	7.4	7.41
Km.214+000	Km. 204+350 - Km. 206+785 LD	Km. 205+720	100.0	81.9	59.5	39.9	30.8	20.4	12.1	6.7	7.34
Km.214+000	Km. 204+350 - Km. 206+785 LD	Km. 206+260	100.0	82.6	60.5	43.0	28.8	20.3	12.4	8.0	7.32
Km.214+000	Km. 204+350 - Km. 206+785 LD	Km. 206+550	100.0	80.7	56.8	41.6	27.5	20.8	12.3	7.4	7.36



Km.214+000	Km. 205+810 - Km. 208+900 LI	Km. 205+980	100.0	82.4	60.9	41.3	30.0	20.2	11.9	7.3	7.29
Km.214+000	Km. 205+810 - Km. 208+900 LI	Km. 206+570	100.0	82.4	59.4	40.0	27.2	17.8	11.2	7.3	7.37
Km.214+000	Km. 205+810 - Km. 208+900 LI	Km. 206+950	100.0	81.7	58.6	41.6	30.7	21.3	12.7	7.1	7.34
Km.214+000	Km. 205+810 - Km. 208+900 LI	Km. 207+650	100.0	82.0	58.0	42.2	30.2	21.0	13.4	8.0	7.44
Km.214+000	Km. 205+810 - Km. 208+900 LI	Km. 208+530	100.0	84.1	60.4	41.6	28.2	20.5	12.0	7.9	7.33
Km.214+000	Km. 206+785 - Km. 210+000 LD	Km. 207+060	100.0	84.5	59.3	40.8	30.2	21.3	12.3	6.9	7.35
Km.214+000	Km. 206+785 - Km. 210+000 LD	Km. 207+530	100.0	82.7	58.2	40.9	30.1	21.5	13.1	8.4	7.46
Km.214+000	Km. 206+785 - Km. 210+000 LD	Km. 208+960	100.0	82.4	59.0	43.6	29.3	20.3	12.9	7.6	7.44
Km.214+000	Km. 206+785 - Km. 210+000 LD	Km. 209+430	100.0	82.4	58.9	43.7	30.1	21.1	13.2	8.6	7.38
Km.214+000	Km. 206+785 - Km. 210+000 LD	Km. 209+840	100.0	83.1	60.5	41.7	30.4	21.4	14.1	8.7	7.59
Km.214+000	Km. 208+900 - Km. 213+140 LI	Km. 209+270	100.0	84.2	63.2	44.3	28.4	18.5	11.4	6.5	7.33
Km.214+000	Km. 208+900 - Km. 213+140 LI	Km. 209+960	100.0	81.2	56.8	39.5	29.9	21.0	13.6	7.4	7.39
Km.214+000	Km. 208+900 - Km. 213+140 LI	Km. 210+960	100.0	83.0	61.3	41.9	31.3	21.2	12.9	7.4	7.43
Km.214+000	Km. 208+900 - Km. 213+140 LI	Km. 211+760	100.0	83.8	62.3	43.7	30.0	20.9	12.9	7.7	7.51
Km.214+000	Km. 210+000 - Km. 213+140 LD	Km. 212+830	100.0	82.2	59.8	44.2	28.3	19.6	11.9	7.9	7.30
Km.214+000	Km. 210+000 - Km. 213+140 LD	Km. 210+360	100.0	81.4	57.4	40.9	28.6	19.2	12.9	7.8	7.40
Km.214+000	Km. 210+000 - Km. 213+140 LD	Km. 210+970	100.0	80.8	60.6	42.0	28.8	19.8	11.8	7.8	7.77
Km.214+000	Km. 210+000 - Km. 213+140 LD	Km. 211+640	100.0	82.0	59.8	44.1	31.3	20.6	12.3	7.5	4.39
Km.214+000	Km. 210+000 - Km. 213+140 LD	Km. 212+050	100.0	84.4	61.8	42.1	28.2	19.8	12.1	8.1	7.27
Km.214+000	Km. 210+000 - Km. 213+140 LD	Km. 212+840	100.0	82.6	61.5	44.4	27.5	19.1	11.5	7.2	7.89
Km.214+000	Km. 213+140 - Km. 215+730 LD	Km. 213+300	100.0	79.7	56.5	39.7	29.2	19.8	11.4	7.7	7.37
Km.214+000	Km. 213+140 - Km. 215+730 LD	Km. 213+750	100.0	81.5	58.1	41.2	31.1	21.7	13.4	7.8	7.39
Km.214+000	Km. 213+140 - Km. 215+730 LD	Km. 214+210	100.0	82.2	57.3	37.7	28.0	19.4	12.3	7.3	7.32
Km.214+000	Km. 213+140 - Km. 215+730 LD	Km. 214+940	100.0	83.0	61.6	43.1	29.7	19.1	11.9	7.9	7.30
Km.214+000	Km. 213+140 - Km. 215+730 LD	Km. 215+490	100.0	82.1	61.7	43.9	28.7	19.9	12.5	8.0	7.38
Km.214+000	Km. 213+140 - Km. 215+730 LI	Km. 213+240	100.0	84.2	60.3	41.9	31.9	21.9	14.4	8.6	7.35
Km.214+000	Km. 215+730 - Km. 217+410 AL	Km. 213+700	100.0	83.0	58.4	41.3	31.1	20.9	13.8	8.2	7.41
Km.214+000	Km. 213+140 - Km. 215+730 LI	Km. 214+250	100.0	82.5	58.0	38.7	29.2	20.8	13.8	8.9	7.32
Km.214+000	Km. 213+140 - Km. 215+730 LI	Km. 214+790	100.0	83.7	61.1	44.1	26.8	18.7	11.6	7.8	7.37
Km.214+000	Km. 213+140 - Km. 215+730 LI	Km. 215+550	100.0	82.5	60.7	42.7	27.9	19.1	11.2	7.3	7.36
Km.214+000	Km. 215+730 - Km. 217+410 AL	Km. 215+920	100.0	81.2	57.0	38.8	28.9	20.1	12.4	7.3	7.34
Km.214+000	Km. 215+730 - Km. 217+410 AL	Km. 216+170	100.0	81.3	59.8	40.7	29.1	19.9	11.7	7.2	7.38
Km.214+000	Km. 215+730 - Km. 217+410 AL	Km. 216+610	100.0	81.9	58.1	38.1	26.5	19.3	13.1	8.9	7.44
Km.214+000	Km. 215+730 - Km. 217+410 AL	Km. 216+900	100.0	84.1	61.6	41.5	27.6	18.6	11.4	7.1	7.41
Km.214+000	Km. 215+730 - Km. 217+410 AL	Km. 217+300	100.0	82.3	57.4	37.8	27.3	18.7	11.6	7.5	7.38
Km.214+000	Km. 217+410 - Km. 218+640 AL	Km. 217+720	100.0	83.8	60.9	42.3	26.8	19.2	12.0	8.1	7.39
Km.214+000	Km. 217+410 - Km. 218+640 AL	Km. 217+960	100.0	83.2	59.1	41.4	27.9	19.5	12.3	7.9	7.49
Km.214+000	Km. 217+410 - Km. 218+640 AL	Km. 218+190	100.0	80.4	57.5	41.0	27.4	20.0	12.6	7.7	7.35
Km.214+000	Km. 217+410 - Km. 218+640 AL	Km. 218+340	100.0	82.4	60.7	42.4	28.4	19.1	11.5	7.3	7.31
Km.214+000	Km. 217+410 - Km. 218+640 AL	Km. 218+500	100.0	82.0	58.8	41.6	27.0	18.6	11.0	7.3	7.44
RESUMEN ESTADÍSTICO	CANTIDAD	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
	SUMA	5500	4533	3267	2284	1587	1101	677	420	404	
	PROMEDIO	100.0	82.4	59.4	41.5	28.9	20.0	12.3	7.6	7.3	
	ESPECIFICACIÓN	100	70	45	28	19	12	7	5	6.90	
		100	90	70	50	34	25	18	15	7.90	
	MÍNIMO	100.0	79.2	56.5	37.7	26.3	17.8	11.0	6.5	4.4	
	MÁXIMO	100.0	84.5	63.2	44.4	31.9	21.9	14.4	8.9	7.9	
DEV. ESTANDAR	0.00	1.33	2.61	3.15	1.87	0.93	0.65	0.30	0.18		
COEF. VARIACIÓN	100.00	120.71	140.44	158.57	167.89	182.50	205.71	178.00	114.34		

Fuente: Elaboración Propia.

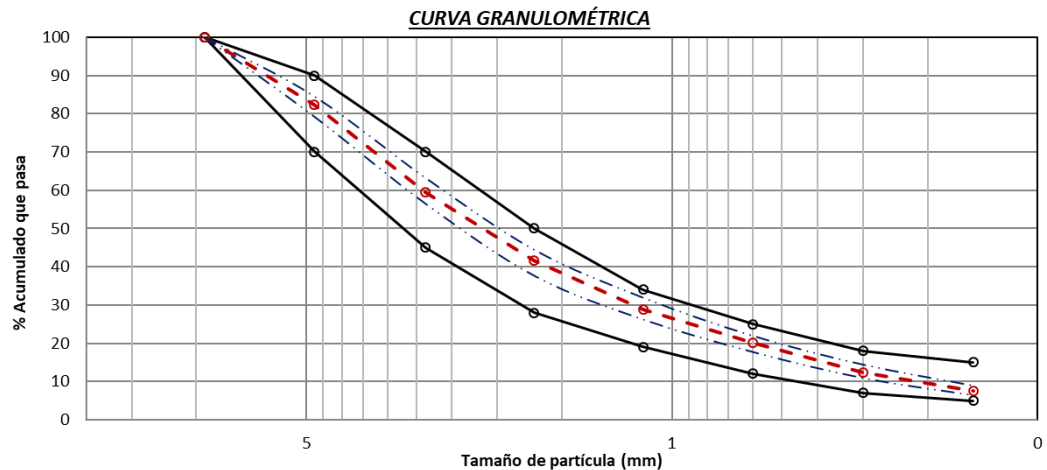


Figura 5: Estadística de las granulometrías de lavados asfálticos.

e) Medición de IRI

Se realizó las mediciones de IRI en pista terminada y medición de IRI mensual con rugosímetro III, el cual se encuentra dentro de los rangos y tolerancias permitidas para este tipo de vías.

- **Medición de IRI en controles en pista terminada**

Se realizó la medición de IRI a nivel de micropavimento, entre las progresivas del Km 204+000 al Km 218+400, correspondientes al Tramo III. En el siguiente Figura 6 podemos apreciar que la línea roja es el valor máximo de IRI Característico (3.00 m/km), la línea negra que contiene puntos amarillos son los valores de IRI Característico que se obtuvo en la medición del tramo, la línea azul nos indica el valor del IRI promedio que se obtuvo en la medición. De acuerdo a este gráfico nuestro IRI cumplió con los parámetros requeridos, debido a que el valor promedio del IRI Característico está con un valor de 2.70 m/km, de acuerdo a este resultado se deduce que nuestro pavimento está en perfecto estado.

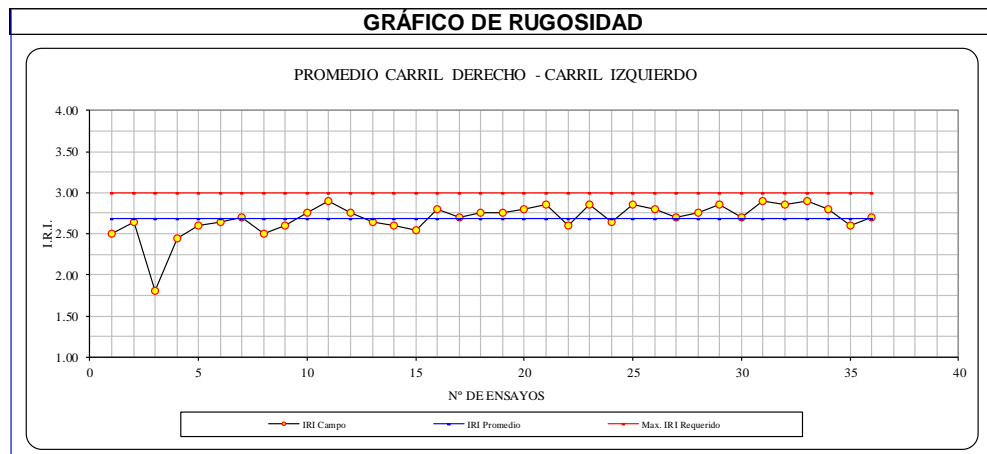


Figura 6: Gráfico estadístico medición de IRI en Pista Terminada a nivel de Micropavimento.

5.2.8. Tramo V – Estabilización de suelo cemento

En este tramo se ejecutó Suelo Estabilizado con Cemento Portland Puzolánico compuesto, en espesores, de 10cm de material existente y 15cm de aporte haciendo un total de 25cm de espesor de estabilizado.

Para lograr el valor de coeficiente estructural de 0.07 requeridos para esta capa se debe lograr una resistencia a la compresión mínima de 30Kg/cm² a los 7 días, tal como se verifica en las tablas del AASTHO 93.

5.2.8.1. Características generales

(Vasquez Concha, 2019), indica que se presentó un diseño propuesto de espesores de pavimentos siguiendo la metodología AASTHO 93, el cual tubo las siguientes consideraciones:

- El diseño del pavimento se realizó para 5 años.
- Se consideró el número de ejes equivalentes de EALs = 8.8E5
- Se toma como CBR de diseño 32.82% cuyo Modulo resiliente MR = 2.385E4 PSI.
- Remover y triturar capa superficial existente (e= 10cm).
- Aporte material granular (e= 15cm).
- Mezclar y estabilizar con Cemento Puzolánico (3%) (e= 25cm).



Capa de rodadura compuesta de Cape Seal (CS): tratamiento asfáltico de huso granulométrico número 6, y Slurry Seal con arena Tipo III.

5.2.8.2. Diseño

(Vasquez Concha, 2019), indica que el material de aporte para el estabilizado de material granular con Cemento Puzolánico IP, fue de la Cantera Km. 435+000 y Cantera Coporaque Km. 437+500 – Acceso 10km, estos materiales fueron utilizados en el estabilizado del Km. 388+695 al Km. 437+455.

Se realizó muestreos de las canteras en mención (cinco puntos los cuales fueron mezclados para una muestra representativa) y se procedió a realizar el Diseño de Estabilizado de material granular con Cemento Puzolánico.

El presente diseño se realizó mediante la metodología recomendada por las EG-2013, para lo cual se realizaron los siguientes ensayos de Laboratorio:

- Granulometría del Material Granular.
- Límites de Consistencia.
- Máxima Densidad Seca (g/cm^3).
- Óptimo Contenido de Humedad (%).
- Tipo y contenido óptimo de Cemento (%)
- Contenido óptimo de Cemento (%)
- Resistencia a la Compresión (kg/cm^2).

Obteniendo los siguientes resultados por Canteras.

a) **Cantera Pausiri Km. 435+000 – Acceso 600m**

Tabla 34: Resultados de Diseño Cantera Km. 435+000

RESULTADOS DE DISEÑO		
OPTIMO DE CEMENTO PUZOLANICO - YURA IP	(%)	2.80
MAXIMA DENSIDAD SECA	(g/cm ³)	2.070
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	8.05
DENSIDAD OPTIMA DEL ESPECIMEN	(Tn/m ³)	2.191
N° DE GOLPES		45
RESISTENCIA 03 DÍAS	(Kg/cm ²)	27.30
RESISTENCIA 07 DÍAS	(Kg/cm ²)	30.30
RESISTENCIA MÍNIMA - ESPECIFICACIÓN	(Kg/cm ²)	30.00
TEMPERATURA DE MEZCLA	(°C)	14.0

Fuente: Vasquez Concha Melvin, 2019

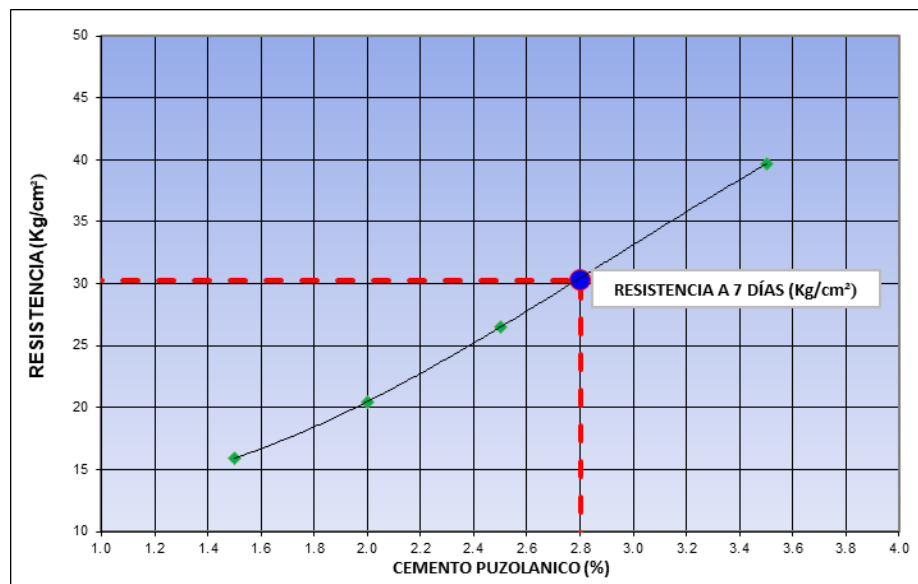


Figura 7: % de Cemento Vs Resistencia a la compresión de la mezcla de estabilizada.

De la figura 7 y tabla 34 se asume como aplicable el 2.80% de Cemento IP en la que llegamos a una Resistencia de 30.30 Kg/cm², siendo el mínimo de 30.00 Kg/cm². Para el diseño se empleó Cemento Pozolánico – Cemento YURA IP. Los agregados de esta cantera y diseño de Estabilizado de Material granular con Cemento Pozolánico se empleó entre el Km. 388+695 al Km. 437+455.

b) Cantera Coporaque Km. 437+500 – Acceso 10km.

Tabla 35: Resultados de Diseño Cantera Km. 437+500 – Acceso 10km.

RESULTADOS DE DISEÑO		
OPTIMO DE CEMENTO PUZOLANICO - YURA IP	(%)	2.90
MAXIMA DENSIDAD SECA	(g/cm ³)	2.074
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	7.78
DENSIDAD OPTIMA DEL ESPECIMEN	(Tn/m ³)	2.295
N° DE GOLPES		45
RESISTENCIA 03 DÍAS	(Kg/cm ²)	26.30
RESISTENCIA 07 DÍAS	(Kg/cm ²)	30.20
RESISTENCIA MÍNIMA - ESPECIFICACIÓN	(Kg/cm ²)	30.00
TEMPERATURA DE MEZCLA	(°C)	13.8

Fuente: Vasquez Concha Melvin, 2019

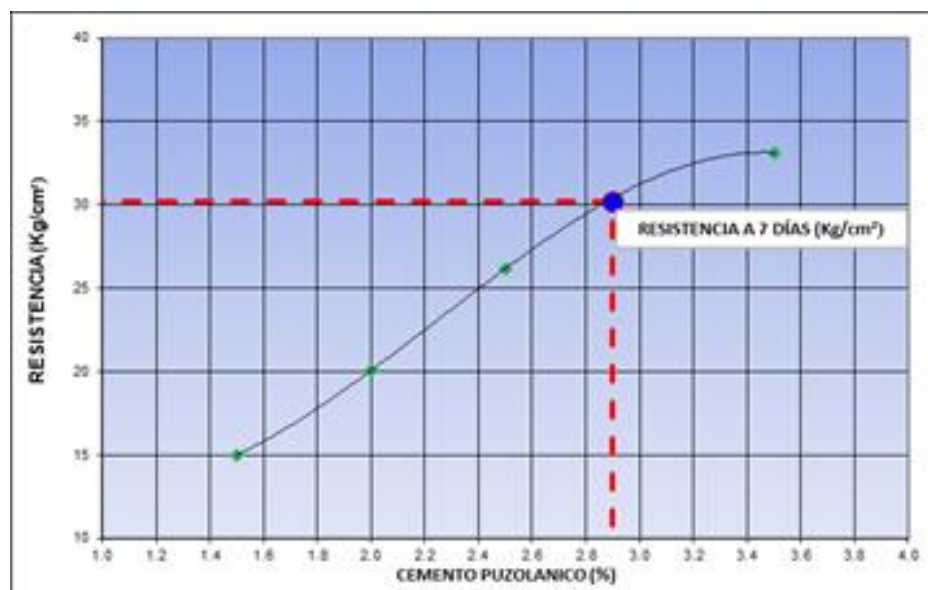


Figura 8: % de Cemento Vs Resistencia a la compresión de la mezcla de estabilizada

De la figura 8 y tabla 35 que se muestra líneas arriba se asumió como aplicable al proyecto el 2.90% de Cemento IP en la que llegamos a una Resistencia de 30.20 Kg/cm², siendo el mínimo de 30.00 Kg/cm². Para el diseño se empleó Cemento Purolánico – Cemento YURA IP. Los agregados de esta cantera y diseño de Estabilizado de Material granular con Cemento Purolánico se estarán empleando entre el Km. 388+695 al Km. 437+455.

5.2.8.3. Slurry Seal

Diseño de mortero asfáltico - Slurry seal

Se remitieron muestras para el diseño con la arena producida en la Cantera Km. 437+500, las cuales fueron ensayadas en la PEA y se obtuvo el siguiente resultado.

Emulsión : CSS1HP (85-100)

Arena : 100% chancada proveniente de la cantera Km 437+500 – Acceso 10km.; granulometría Tipo III.

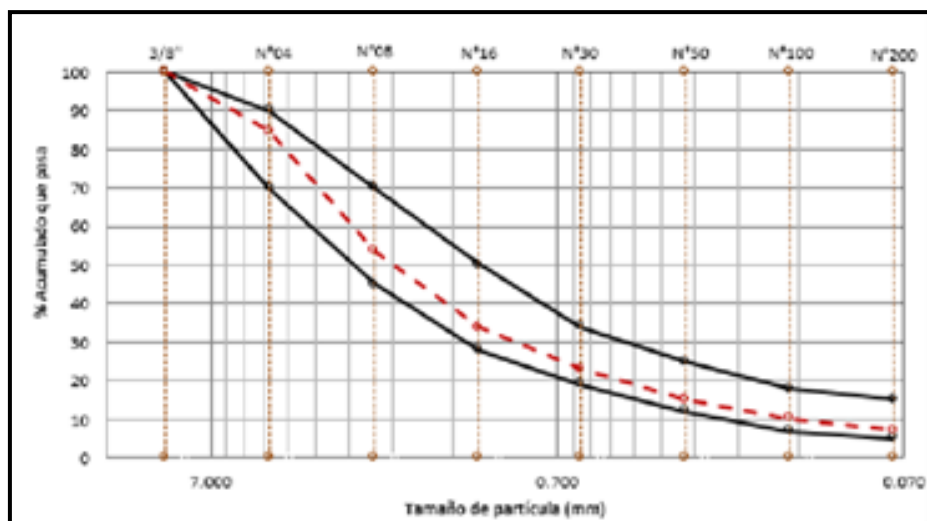


Figura 9: Curva Granulométrica

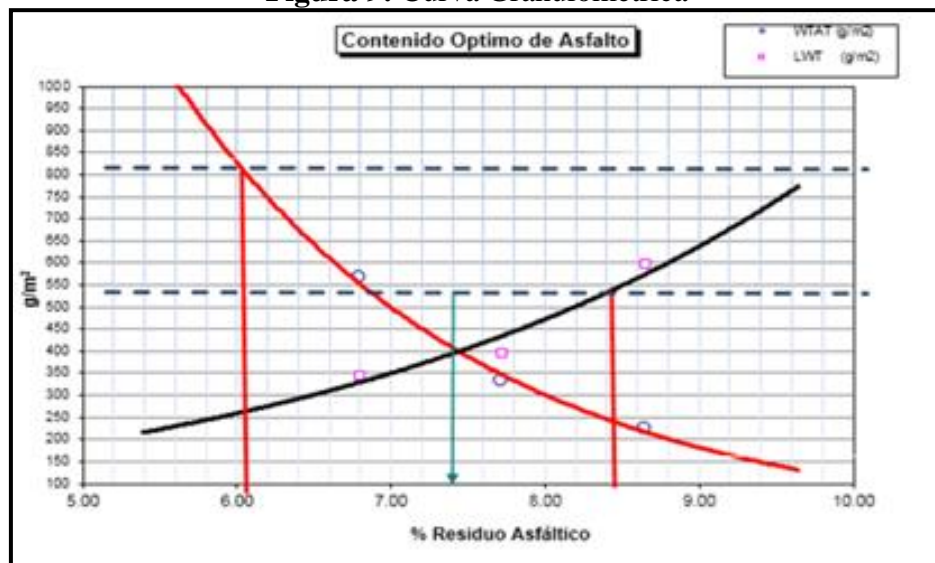


Figura 10: Optimo contenido de Asfalto con fines de Slurry Seal, Cantera Km. 437+500



Obteniendo como diseño:

- Cantidad Optima de Emulsión Asfáltica : 12.08%.
- Contenido Optimo de Asfalto : 7.44%.
- Cantidad de Agua : 9.00%.
- Filler (Cemento) : 1.00%.

5.2.8.4. Control

a) Producción de agregados

Se realizó los controles de material granular para el estabilizado con Cemento Puzolánico. Las canteras que se explotaron son las del Km. 435+000 y Km. 437+500, los controles se realizaron de acuerdo a la EG-2013 y a las especificaciones técnicas del PGV.

b) Piedra chancada para tratamiento superficial simple – Monocapa (Tramo V)

Se realizaron los controles de la Piedra Chancada para Monocapa. La cantera Coporaque en el que se realizó la producción, está situada en el Km. 437+500 – acceso 10km., los controles se realizaron de acuerdo a la EG-2013 y a las especificaciones técnicas del PGV.

Tabla 36: Resultados de Ensayos Cantera Km. 437+500 – acceso 10 Km.

CANTERA	% QUE PASA					MÓDULO DE FINEZA	TAMAÑO MEDIO (pulg)	ABRASIÓN (%)	PARTÍCULAS FRACTURADAS (%)		PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	DURABILIDAD GRAVA (%)	OBSERVACIONES	
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 04				1 CARA (%)	2 CARAS (%)				
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	91.4	46.3	11.7	1.6	2.49	0.51	18.69	96.3	92.6	7.0	2.17	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	91.8	38.0	13.0	0.8	2.56	0.54	-	95.8	91.4	6.8	-	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	92.2	35.7	12.3	1.5	2.58	0.55	-	96.0	91.1	7.8	-	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	91.0	33.6	12.8	1.7	2.61	0.56	-	96.8	94.9	8.4	2.96	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	90.4	32.3	10.7	1.7	2.65	0.56	20.54	96.9	94.5	9.7	2.89	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	92.5	33.8	11.4	0.9	2.61	0.55	-	96.5	92.7	7.1	-	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	91.4	37.5	8.3	0.9	2.62	0.54	-	97.3	93.5	8.9	-	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	93.9	43.7	8.2	1.1	2.53	0.52	-	97.6	94.9	6.8	-	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	91.9	39.8	9.3	0.8	2.58	0.53	18.7	96.8	94.6	6.1	2.49	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	91.7	45.2	11.7	0.6	2.51	0.52	-	96.6	92.7	6.5	-	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	92.1	45.6	9.1	0.9	2.52	0.52	-	98.0	93.0	5.9	-	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	94.6	31.6	9.2	1.1	2.63	0.52	-	96.4	93.4	6.0	-	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	92.5	48.6	9.5	1.4	2.48	0.50	19.5	96.1	90.9	6.1	2.87	MONOCAPA - HUSO 6	
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	94.9	35.9	9.2	0.9	2.59	0.55	-	96.3	91.6	5.9	-	MONOCAPA - HUSO 6	
CANTIDAD	14	14	14	14	14	14	14	14	5	14	14	14	5	
SUMA	1400.0	1292.2	547.7	146.4	15.9	36.0	7.5	77.4	1353.5	1301.9	99.0	99.0	4.5	
PROMEDIO	100.0	92.3	39.1	10.5	1.1	2.6	0.5	15.0	96.7	93.0	7.1	2.3		
ESPECIFICACIÓN	100	85	10	0	0	---	---	---	85	60	---	---		
MÍNIMO	100.0	90.4	31.6	8.2	0.6	2.5	0.5	18.7	95.8	90.9	5.9	2.3		
MÁXIMO	100.0	94.9	48.6	13.0	1.7	2.6	0.6	20.5	98.0	94.9	9.7	2.3		
DEV. ESTANDAR	0.00	1.32	5.74	1.67	0.37	0.05	0.02	0.88	0.61	1.41	1.20	0.00		
COEF. VARIACIÓN	0.00	1.43	14.68	15.97	32.92	2.12	3.50	5.90	0.63	1.51	17.01	0.38		

Fuente: Elaboración Propia.

c) Arena chancada para Slurry Seal (Tramo V)

Se realizaron los controles de la arena para Slurry Seal (Mortero Asfáltico). La cantera Coporaque es en el que se realizó la producción, está situada en el Km. 437+500 – acceso 10km., los controles se realizaron de acuerdo a la EG-2013 y a las especificaciones técnicas del PGV.

Tabla 37: Resultados de Ensayos Cantera Km. 437+500 – acceso 10 Km.

DATOS DEL AGREGADO FINO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LO AGREGADO FINO (% QUE PASA)								LÍMITE LIQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	EQUIVALENTE DE ARENA	ABRASIÓN	PERDIDA DE SULFATO DE MAGNESIO
	CANTERA	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100					
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	87.6	56.8	38.2	25.9	16.7	10.2	7.4	NP	NP	73.00	19.34	1.83
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	87.9	56.9	38.1	25.2	16.4	11.3	8.4	NP	NP	74.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	86.6	53.2	37.9	27.8	20.1	12.9	8.3	NP	NP	76.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	86.6	56.2	38.4	27.0	17.8	11.0	8.4	NP	NP	75.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	84.2	54.6	36.3	25.4	16.9	10.5	8.2	NP	NP	75.00	20.15	2.12
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	87.8	64.0	43.0	27.9	21.0	12.9	8.6	NP	NP	75.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	87.7	61.0	36.6	23.6	17.3	11.1	7.7	NP	NP	77.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	87.9	60.6	36.0	22.2	16.9	10.9	7.5	NP	NP	77.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	84.9	54.7	35.4	24.0	17.4	10.7	8.2	NP	NP	79.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	84.6	54.7	34.4	23.3	16.9	10.5	8.3	NP	NP	80.00	18.65	2.08
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	86.4	56.3	35.6	24.6	16.4	10.6	7.4	NP	NP	78.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	77.6	52.8	37.5	26.9	19.6	12.4	8.6	NP	NP	76.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	83.7	55.9	34.6	23.5	17.7	12.7	8.7	NP	NP	75.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	84.5	60.1	34.6	25.4	17.8	11.6	7.9	NP	NP	76.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	85.5	57.1	36.3	26.1	18.3	11.9	8.1	NP	NP	75.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	84.2	54.8	38.4	28.3	20.2	13.5	7.8	NP	NP	74.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	86.2	58.4	35.7	27.6	20.7	13.8	8.4	NP	NP	74.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	83.9	62.4	38.6	25.9	18.3	11.8	7.4	NP	NP	75.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	84.6	58.3	37.6	26.4	19.7	13.0	7.3	NP	NP	75.00	20.57	2.26
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	84.9	58.6	37.6	25.9	17.0	10.3	7.8	NP	NP	74.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	87.0	59.7	35.6	26.4	19.0	11.9	7.6	NP	NP	75.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	85.7	56.8	34.0	25.4	18.3	11.6	7.8	NP	NP	75.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	85.9	60.9	36.8	24.9	17.8	11.6	7.9	NP	NP	77.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	83.7	55.3	35.1	26.9	19.7	12.6	8.6	NP	NP	74.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	85.1	62.0	36.2	25.2	17.7	11.4	8.1	NP	NP	74.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	85.0	57.9	35.1	24.5	18.2	11.4	8.2	NP	NP	75.00	20.41	2.34
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	85.8	58.0	34.2	25.6	18.6	11.8	8.4	NP	NP	74.00	---	---
Cantera Km. 437+500 - Acceso 10 Km.	100.0	85.6	60.3	35.7	25.9	19.3	12.1	8.2	NP	NP	73.00	---	---

RESUMEN ESTADÍSTICO	CANTIDAD	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	5	5	
	SUMA	2800	2390.86	1618.08	1023.32	717.36	511.55	327.91	225.18			2110.0	99.12	10.63
	PROMEDIO	100.00	85.39	57.79	36.55	25.62	18.27	11.71	8.04			75.36	19.82	2.13
	VALOR MÁXIMO	100.00	77.61	52.79	33.99	22.22	16.37	10.22	7.30			73.00	18.65	1.83
	VALOR MÍNIMO	100.00	87.89	64.04	42.99	28.32	20.96	13.81	8.68			80.00	20.57	2.34
	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.00	4.08	8.29	3.56	2.23	1.76	0.94	0.17			2.83	0.65	0.04
	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	3.57	3.68	3.96	4.20	3.95	4.10	4.21	3.85			3.79	20.75	22.01

CU MP	VALOR MÍN.	100	70	45	28	19	12	7	5			60	--	--
	VALOR MÁX.	100	90	70	50	34	25	18	15				25	18
	CONDICIÓN	Cumple										Cumple	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración Propia.

d) Estabilizado de suelo con cemento portland puzolánico

Se realizó los controles de Estabilizado de Material Granular con Cemento Puzolánico. Los materiales que se emplearon en el Estabilizado con Cemento Puzolánico fueron de la cantera Pausiri Km. 435+400.

Se adjunta a continuación la tabla 38 de resumen de los ensayos de control de la estabilización con cemento Puzolánico, donde se observa el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

Se aprecia que se cumplió con los requisitos exigidos en las EG -2013, como Granulometría, pasante malla 200, límites de consistencia, peso específico, relación Densidad - Humedad y Resistencia a la Compresión; así mismo se aprecia que la resistencia a la compresión mínima alcanzada es de 43.00 Kg/cm² (4.3Mpa) cumpliendo así lo mínimo requerido en las EG-2013 (30.00 Kg/cm²). Se aprecia en la tabla 39 que se cumplió con el grado de compactación mínimo exigida, 95% de la máxima densidad Proctor modificado, resumen estadístico.

Tabla 38: Resultados Ensayos de Estabilización con Cemento Puzolánico.

TRAMO		GRANULOMETRIA (PORCENTAJE QUE PASA)												LIMITES DE CONSISTENCIA			PROCTOR		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (07 Días)	CANTERA (Km.)	
		3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 100	Nº 200	L.L.	L.P.	L.P.	M.D.S.			O.C.H.
Km. 388+800	Km. 389+400	100.0	98.0	91.9	85.7	79.8	72.6	63.8	55.5	44.8	36.1	21.7	15.0	12.9	25.50	19.90	5.60	2.068	8.35	45.13	Km. 435+000
Km. 389+400	Km. 390+360	100.0	100.0	97.0	93.7	85.9	77.6	69.6	63.6	50.3	39.3	20.9	11.8	9.4	25.70	21.30	4.40	2.085	8.07	45.32	Km. 435+000
Km. 390+360	Km. 391+110	100.0	100.0	97.2	90.9	80.7	73.8	67.3	60.7	50.7	39.1	24.3	18.4	16.4	27.10	20.10	7.00	2.106	8.00	50.63	Km. 435+000
Km. 391+110	Km. 392+100	100.0	100.0	94.1	88.6	79.6	72.9	63.4	57.3	45.8	40.0	31.3	23.2	17.0	26.60	22.10	4.50	2.072	8.30	47.68	Km. 435+000
Km. 392+100	Km. 393+120	100.0	100.0	100.0	96.9	92.1	82.5	69.4	56.0	41.5	31.1	20.7	14.7	10.2	26.70	22.60	4.10	2.088	8.42	45.34	Km. 435+000
Km. 393+120	Km. 394+140	100.0	100.0	95.7	87.4	78.6	72.3	62.9	54.7	45.9	37.7	24.5	17.6	11.1	27.10	22.20	4.90	2.076	8.60	42.37	Km. 435+000
Km. 394+140	Km. 395+140	100.0	100.0	93.8	86.4	78.9	71.9	63.3	56.0	45.4	35.7	21.1	15.4	13.3	26.80	21.00	5.80	2.075	8.20	43.15	Km. 435+000
Km. 395+140	Km. 395+490	100.0	100.0	97.2	93.8	81.1	74.1	66.2	57.1	43.5	35.8	23.5	17.2	12.2	27.10	22.00	5.10	2.090	8.38	38.33	Km. 435+000
Km. 395+490	Km. 396+500	100.0	100.0	100.0	96.2	88.1	75.6	61.0	52.4	41.0	31.6	18.2	12.5	10.7	27.10	22.30	4.80	2.105	8.45	40.12	Km. 435+000
Km. 396+500	Km. 397+430	100.0	96.5	93.7	89.7	81.4	74.4	67.2	61.6	51.2	39.8	22.4	15.3	12.0	26.10	20.90	5.20	2.087	8.64	41.19	Km. 435+000
Km. 397+430	Km. 398+440	100.0	100.0	94.6	89.3	80.0	74.5	66.5	57.6	44.7	34.8	21.4	15.7	11.6	24.80	19.10	5.70	2.083	8.32	41.14	Km. 435+000
Km. 398+440	Km. 399+460	100.0	97.9	90.4	83.0	76.8	72.0	62.6	55.3	46.2	36.1	21.4	16.1	11.8	26.60	20.80	5.80	2.085	8.12	42.20	Km. 435+000
Km. 399+460	Km. 400+160	100.0	100.0	95.1	90.0	79.7	73.1	63.7	54.9	44.8	34.0	20.8	14.2	12.5	25.90	20.50	5.40	2.083	8.55	40.67	Km. 435+000
Km. 400+160	Km. 400+640	100.0	100.0	97.6	87.8	80.0	73.0	65.3	59.8	48.4	37.5	17.1	10.9	9.0	26.50	22.20	4.30	2.071	8.60	39.89	Km. 435+000
Km. 400+640	Km. 401+780	100.0	100.0	95.1	88.2	77.2	69.5	60.4	52.7	42.9	35.1	19.3	13.4	11.6	25.40	19.50	5.90	2.083	8.30	41.11	Km. 435+000
Km. 401+780	Km. 402+100	100.0	100.0	93.3	84.1	76.1	68.5	61.9	53.7	44.0	35.1	20.1	13.9	11.5	25.90	20.90	5.00	2.082	8.50	44.09	Km. 435+400
Km. 402+100	Km. 403+180	100.0	100.0	96.8	91.1	85.3	70.6	62.8	56.0	43.8	33.8	21.1	14.7	12.6	25.80	20.70	5.10	2.092	8.48	41.05	Km. 435+000
Km. 403+180	Km. 404+450	100.0	100.0	95.5	89.8	81.6	72.0	64.1	55.4	44.3	34.2	21.8	15.6	12.7	26.50	21.00	5.50	2.087	8.00	40.15	Km. 435+000
Km. 404+450	Km. 405+520	100.0	100.0	96.7	90.7	82.3	73.4	65.7	56.9	46.6	35.6	24.9	19.5	12.9	26.40	20.50	5.90	2.074	8.55	37.93	Km. 435+000
Km. 405+520	Km. 406+800	100.0	100.0	93.2	87.1	78.2	69.7	62.0	54.1	42.1	35.1	24.4	18.0	12.9	27.20	21.90	5.30	2.080	8.45	38.36	Km. 435+000
Km. 406+800	Km. 408+080	100.0	100.0	97.3	90.5	84.3	70.2	63.0	55.2	44.6	34.7	24.2	16.6	10.8	27.90	22.60	5.30	2.067	8.60	36.52	Km. 435+000
Km. 408+080	Km. 409+210	100.0	100.0	97.2	91.8	83.7	71.8	63.2	55.0	45.2	35.9	22.4	16.3	12.4	26.90	21.60	5.30	2.074	8.38	37.40	Km. 435+000
Km. 409+210	Km. 410+680	100.0	100.0	93.6	82.8	73.3	65.7	60.0	53.9	44.5	35.7	21.7	15.9	11.5	26.50	22.30	4.20	2.091	8.44	36.45	Km. 435+000
Km. 410+680	Km. 411+940	100.0	98.3	96.3	83.7	76.9	69.2	60.5	53.8	43.4	34.3	17.9	12.1	10.5	26.10	22.20	3.90	2.054	8.41	37.18	Km. 435+000
Km. 411+940	Km. 413+320	100.0	98.3	92.9	87.5	77.9	70.0	61.6	53.3	43.7	34.4	21.3	16.1	11.4	25.20	20.70	4.50	2.078	8.58	36.68	Km. 435+000
Km. 413+320	Km. 414+740	100.0	100.0	100.0	93.1	82.6	73.7	63.0	51.9	42.6	34.4	24.4	18.0	10.7	26.40	22.60	3.80	2.068	8.58	38.70	Km. 435+000
Km. 414+740	Km. 416+130	100.0	98.3	91.3	82.2	73.5	66.5	58.0	51.2	43.0	34.4	21.9	16.0	11.5	26.50	22.30	4.20	2.095	8.60	37.59	Km. 435+000
Km. 416+130	Km. 417+630	100.0	100.0	100.0	89.1	79.3	71.2	60.7	52.6	42.9	34.4	21.8	16.0	12.2	27.80	22.30	5.50	2.053	8.23	38.94	Km. 435+000
Km. 417+630	Km. 418+840	100.0	97.3	95.1	88.8	76.8	68.8	63.0	56.0	45.7	36.5	20.7	14.9	13.4	26.40	16.70	9.70	2.073	8.85	38.40	Km. 435+000



Km. 418+840	Km. 420+110	100.0	100.0	91.4	83.4	75.3	68.4	62.7	53.4	43.2	33.6	20.8	15.3	10.5	26.60	22.50	4.10	2.067	8.45	38.36	Km. 435+000
Km. 420+110	Km. 421+370	100.0	100.0	90.2	82.8	73.3	67.0	59.1	53.0	44.1	34.0	19.9	13.7	10.1	27.80	23.50	4.30	2.078	8.55	38.55	Km. 435+000
Km. 421+370	Km. 422+640	100.0	100.0	98.7	91.0	81.7	75.4	69.1	61.8	50.5	38.6	22.8	16.5	13.8	27.40	23.30	4.10	2.070	8.65	38.50	Km. 437+500
Km. 422+640	Km. 423+710	100.0	100.0	95.4	85.9	78.6	71.4	63.3	53.2	42.2	34.0	20.3	13.4	11.0	25.50	21.10	4.40	2.077	9.08		Km. 437+500
Km. 423+710	Km. 424+950	100.0	100.0	100.0	95.5	87.8	77.3	67.9	57.0	43.8	35.2	21.3	15.6	11.4	27.80	23.20	4.60	2.086	9.18		Km. 437+500
Km. 424+950	Km. 426+240	100.0	100.0	100.0	92.4	85.1	76.6	67.8	58.5	44.9	34.4	21.4	15.7	11.4	26.90	22.50	4.40	2.065	8.88		Km. 437+500
Km. 426+240	Km. 427+740	100.0	100.0	94.5	87.0	79.3	72.8	62.0	53.6	42.6	32.9	19.0	13.6	10.6	25.90	21.80	4.10	2.074	8.74		Km. 437+500
Km. 427+740	Km. 429+250	100.0	100.0	100.0	94.0	85.0	73.9	64.6	53.7	42.9	33.8	20.2	13.4	11.1	27.00	22.40	4.60	2.089	8.80		Km. 437+500
Km. 429+250	Km. 430+750	100.0	100.0	100.0	91.0	80.5	71.8	60.8	54.1	46.4	36.7	21.8	15.1	10.6	28.40	24.20	4.20	2.078	9.00		Km. 437+500
Km. 434+510	Km. 435+180	100.0	97.4	92.7	88.5	82.0	72.0	65.1	51.6	41.1	32.2	21.4	14.7	11.0	26.00	21.50	4.50	2.090	8.25	43.93	Km. 435+000
Km. 435+180	Km. 435+880	100.0	100.0	100.0	95.2	89.2	77.8	67.7	56.3	44.6	35.6	22.0	15.9	13.4	27.00	21.50	5.50	2.054	8.44	36.33	Km. 435+000
Km. 435+880	Km. 436+880	100.0	100.0	95.4	89.3	80.9	71.4	62.0	55.2	44.3	34.7	21.4	15.3	13.0	26.50	21.20	5.30	2.056	8.10	37.98	Km. 435+000
Km. 436+880	Km. 437+574	100.0	100.0	93.1	86.1	77.8	71.0	63.1	54.1	39.1	31.1	18.3	13.1	10.8	26.00	21.30	4.70	2.103	8.37	34.63	Km. 435+000

CANTIDAD	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	36	
SUMA	4200.0	4182.0	4024.0	3741.7	3387.9	3037.7	2677.1	2329.5	1873.2	1478.7	907.6	646.1	497.0	1115.3	904.8	210.5	87.3	356.4	1452.0		
PROMEDIO	100.0	99.6	95.8	89.1	80.7	72.3	63.7	55.5	44.6	35.2	21.6	15.4	11.8	26.55	21.54	5.012	2.079	8.5	40.33		
ESPECIFICACIÓN	Máximo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Mínimo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	30.00
MÍNIMO	100.0	96.5	90.2	82.2	73.3	65.7	58.0	51.2	39.1	31.1	17.1	10.9	9.0	24.80	16.70	3.80	2.053	8.00	34.63		
MÁXIMO	100.0	100.0	100.0	96.9	92.1	82.5	69.6	63.6	51.2	40.0	31.3	23.2	17.0	28.40	24.20	9.70	2.106	9.18	50.63		
DEV. ESTANDAR	0.00	0.93	2.95	3.88	4.25	3.27	2.84	2.84	2.62	2.12	2.38	2.18	1.57	0.78	1.32	1.02	0.01	0.27	3.52		
COEF. VARIACIÓN	0.00	0.94	3.08	4.36	5.27	4.52	4.46	5.12	5.87	6.02	11.00	14.19	13.24	2.95	6.12	20.25	0.62	3.18	8.73		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 39: Densidad y Compactación en Estabilizado con Cemento – Método Densímetro Nuclear.

PROGRESIVA DE ENSAYO	LADO	PRUEBA DE CAMPO	ENSAYO MARSHALL	GRADO DE COMPACTACIÓN	ESPECIFICACIÓN	APROBACIÓN	CANTERA
		DENS. SECA	MDS	(%)	(%)		
(km)		(g/cm3)	(g/cm3)				
388+820	IZQUIERDO	2.090	2.068	101.1	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
388+860	EJE	2.008	2.068	97.1	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
388+900	DERECHO	2.108	2.068	101.9	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
388+940	IZQUIERDO	2.049	2.068	99.1	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
388+980	EJE	2.012	2.068	97.3	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+020	DERECHO	2.082	2.068	100.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+060	IZQUIERDO	2.055	2.068	99.4	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+100	EJE	2.006	2.068	97.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+140	DERECHO	2.059	2.068	99.6	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+180	IZQUIERDO	2.083	2.068	100.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+220	EJE	2.044	2.068	98.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+260	DERECHO	2.037	2.068	98.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+300	IZQUIERDO	2.056	2.068	99.4	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+340	EJE	2.046	2.068	98.9	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+380	DERECHO	2.011	2.068	97.3	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+420	IZQUIERDO	2.029	2.085	97.3	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+440	EJE	2.044	2.085	98.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+460	DERECHO	2.036	2.085	97.6	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+500	IZQUIERDO	1.999	2.085	95.9	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+540	EJE	2.008	2.085	96.3	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+580	DERECHO	2.061	2.085	98.9	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+620	IZQUIERDO	2.079	2.085	99.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+660	EJE	2.093	2.085	100.4	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+700	DERECHO	1.981	2.085	95.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+740	IZQUIERDO	2.012	2.085	96.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+780	EJE	2.008	2.085	96.3	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+820	DERECHO	2.016	2.085	96.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+860	IZQUIERDO	2.060	2.085	98.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+900	EJE	2.044	2.085	98.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+940	DERECHO	2.085	2.085	100.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
389+980	IZQUIERDO	2.009	2.085	96.4	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+020	EJE	2.031	2.085	97.4	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+060	DERECHO	2.057	2.085	98.6	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+100	IZQUIERDO	2.022	2.085	97.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+140	EJE	2.008	2.085	96.3	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+180	DERECHO	2.053	2.085	98.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+220	IZQUIERDO	2.053	2.085	98.4	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+260	EJE	2.032	2.085	97.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+300	DERECHO	2.053	2.085	98.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+350	IZQUIERDO	2.040	2.085	97.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+360	EJE	2.013	2.085	96.6	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+380	IZQUIERDO	2.053	2.106	97.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+420	EJE	2.082	2.106	98.9	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000



PROGRESIVA DE ENSAYO (km)	LADO	PRUEBA DE CAMPO	ENSAYO MARSHALL	GRADO DE COMPACTACIÓN (%)	ESPECIFICACIÓN (%)	APROBACIÓN	CANTERA
		DENS. SECA (g/cm3)	MDS (g/cm3)				
390+460	DERECHO	2.066	2.106	98.1	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+500	IZQUIERDO	2.089	2.106	99.2	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+540	EJE	2.079	2.106	98.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+580	DERECHO	2.095	2.106	99.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+620	IZQUIERDO	2.036	2.106	96.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+660	EJE	2.083	2.106	98.9	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+700	DERECHO	2.064	2.106	98.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+740	IZQUIERDO	2.087	2.106	99.1	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+780	EJE	2.074	2.106	98.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+820	DERECHO	2.045	2.106	97.1	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+860	IZQUIERDO	2.023	2.106	96.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+900	EJE	2.084	2.106	99.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+940	DERECHO	2.067	2.106	98.1	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
390+980	IZQUIERDO	2.017	2.106	95.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+020	EJE	2.053	2.106	97.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+060	DERECHO	2.065	2.106	98.1	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+100	IZQUIERDO	2.038	2.106	96.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+120	EJE	2.043	2.072	98.6	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+140	DERECHO	2.040	2.072	98.4	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+180	IZQUIERDO	2.045	2.072	98.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+220	EJE	2.011	2.072	97.1	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+260	DERECHO	2.048	2.072	98.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+300	IZQUIERDO	2.064	2.072	99.6	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+340	EJE	2.069	2.072	99.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+380	DERECHO	2.035	2.072	98.2	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+420	IZQUIERDO	2.031	2.072	98.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+460	EJE	2.037	2.072	98.3	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+500	DERECHO	2.065	2.072	99.6	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+540	IZQUIERDO	2.020	2.072	97.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+580	EJE	2.064	2.072	99.6	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+620	DERECHO	2.030	2.072	98.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+660	IZQUIERDO	2.069	2.072	99.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+700	EJE	2.077	2.072	100.2	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+740	DERECHO	2.017	2.072	97.3	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+780	IZQUIERDO	2.008	2.072	96.9	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+820	EJE	2.037	2.072	98.3	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+860	DERECHO	2.059	2.072	99.4	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+900	IZQUIERDO	1.999	2.072	96.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+940	EJE	2.015	2.072	97.2	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
391+980	DERECHO	1.994	2.072	96.3	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+020	IZQUIERDO	2.031	2.072	98.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+060	EJE	2.031	2.072	98.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+110	DERECHO	2.079	2.088	99.6	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+140	IZQUIERDO	2.070	2.088	99.2	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+180	EJE	2.000	2.088	95.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+220	DERECHO	1.998	2.088	95.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+260	IZQUIERDO	2.085	2.088	99.9	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+300	EJE	2.088	2.088	100.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+340	DERECHO	2.056	2.088	98.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+380	IZQUIERDO	2.081	2.088	99.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+420	EJE	2.078	2.088	99.5	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+460	DERECHO	2.005	2.088	96.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+500	IZQUIERDO	2.000	2.088	95.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+540	EJE	2.082	2.088	99.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+580	DERECHO	2.042	2.088	97.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+620	IZQUIERDO	2.020	2.088	96.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+660	EJE	2.061	2.088	98.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+700	DERECHO	2.002	2.088	95.9	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+740	IZQUIERDO	2.021	2.088	96.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+780	EJE	2.102	2.088	100.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+820	DERECHO	2.024	2.088	96.9	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+860	IZQUIERDO	2.046	2.088	98.0	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+900	EJE	2.050	2.088	98.2	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+940	DERECHO	2.040	2.088	97.7	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
392+980	IZQUIERDO	2.075	2.088	99.4	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
393+020	EJE	2.093	2.088	100.2	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
393+070	DERECHO	2.029	2.088	97.2	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000
393+080	IZQUIERDO	2.021	2.088	96.8	Mínimo 95 %	OK	Cantera Km. 435+000

Fuente: Elaboración Propia.

e) Imprimación

Tabla 40: Control de Colocación de Imprimación con Emulsión de Rotura Lenta CSS1H.

TRAMO	Longitud	Ancho Promedio m	Area m ²	Consumo de Emulsión GI	Tasa GI/m ²	Tasa lt/m ²	Tasa bandeja GI/m ²	
388+800	390+000	1,200.00	5.40	6,480.00	1,000.00	0.154	0.58	0.155
390+000	391+200	1,200.00	6.40	7,680.00	1,100.00	0.143	0.54	0.149
391+200	392+400	1,200.00	6.70	8,040.00	1,150.00	0.143	0.54	0.154
392+400	393+450	1,050.00	6.60	6,930.00	1,000.00	0.144	0.55	0.149
393+450	395+340	1,890.00	6.50	12,285.00	1,850.00	0.151	0.57	0.148
395+340	396+700	1,360.00	6.00	8,160.00	1,200.00	0.147	0.56	0.152
396+700	398+500	1,800.00	5.80	10,440.00	1,500.00	0.144	0.54	0.148
398+500	399+720	1,220.00	6.00	7,320.00	1,080.00	0.148	0.56	0.152
399+720	400+700	980.00	7.00	6,860.00	1,000.00	0.146	0.55	0.151
400+700	402+000	1,300.00	6.10	7,930.00	1,200.00	0.151	0.57	0.148
402+000	403+080	1,080.00	6.20	6,696.00	950.00	0.142	0.54	0.141
403+080	405+360	2,280.00	6.00	13,680.00	1,850.00	0.135	0.51	0.135
405+360	407+500	2,140.00	6.50	13,910.00	1,800.00	0.129	0.49	0.131
407+500	409+760	2,260.00	6.00	13,560.00	1,800.00	0.133	0.50	0.135
409+760	411+960	2,200.00	6.50	14,300.00	1,900.00	0.133	0.50	0.131
411+960	414+120	2,160.00	6.30	13,608.00	1,800.00	0.132	0.50	0.136
414+120	416+250	2,130.00	6.00	12,780.00	1,800.00	0.141	0.53	0.139
434+500	437+574	3,074.00	5.00	15,370.00	1,700.00	0.111	0.42	0.108

CANTIDAD	18	18	18	18	18	18
SUMA	111.0	186029.0	25680.0	2.5	9.6	2.562
PROMEDIO	6.2	10334.9	1426.7	0.1	0.5	0.142
ESPECIFICACION	Máximo	---	---	---	---	---
	Mínimo	---	---	---	---	---
MÍNIMO	5.0	6480.0	950.0	0.1	0.4	0.108
MÁXIMO	7.0	15370.0	1900.0	0.2	0.6	0.155
DEV. ESTANDAR	0.47	3250.71	375.70	0.01	0.04	0.012
COEF. VARIACIÓN	7.67	31.45	26.33	7.33	7.33	8.243

Fuente: Elaboración Propia.

f) Cape Seal

Se realizó los trabajos de Cape Seal, consiste en la colocación de un Tratamiento Superficial Simple – TSS (monocapa) y posteriormente la colocación de Slurry Seal (Mortero Asfáltico).

- **Mono Capa.**

Se realizó la colocación del Tratamiento Superficial Simple – TSS, entre las progresivas Km. 434+510 al Km. 437+575. La aplicación del TSS se realizó con una tasa de 0.594 gal/m² de emulsión de rotura rápida (CRS-2hP) y una tasa de 0.016 m³/m² de piedra chancada HUSO 6. Los agregados pétreos provienen de la Cantera Km. 437+500 – acceso 10km.

Tabla 41: Control de Colocación de Monocapa con Emulsión de Rotura Rápida CRS2hP.

TRAMO		Longitud	Ancho Promedio	Area	Tasa Gl/m ²	Tasa lt/m ²	Tasa Emulsion con bandeja (Gl/m ²)	Tasa Agregados (m ³ /m ²)	Tasa Agregados con Bandeja (m ³ /m ²)
Km. 388+800	Km. 389+780	980.00	5.50	5,390.00	0.594	2.25	0.601	0.0167	0.0154
Km. 389+780	Km. 390+240	460.00	5.35	2,461.00	0.610	2.31	0.608	0.0183	0.0172
Km. 390+240	Km. 391+130	890.00	6.40	5,696.00	0.588	2.23	0.594	0.0158	0.0161
Km. 391+130	Km. 392+540	1,410.00	6.70	9,447.00	0.582	2.20	0.589	0.0159	0.0161
Km. 392+540	Km. 393+990	1,450.00	6.60	9,570.00	0.590	2.23	0.591	0.0157	0.0168
Km. 393+990	Km. 395+390	1,400.00	6.00	8,400.00	0.589	2.23	0.589	0.0149	0.0156
Km. 395+390	Km. 396+760	1,370.00	5.10	6,987.00	0.615	2.33	0.598	0.0172	0.0176
Km. 396+760	Km. 397+980	1,220.00	5.80	7,076.00	0.586	2.22	0.593	0.0170	0.0165
Km. 397+980	Km. 398+580	600.00	5.70	3,420.00	0.585	2.21	0.586	0.0175	0.0165
Km. 398+580	Km. 399+725	1,145.00	6.00	6,870.00	0.590	2.23	0.595	0.0175	0.0162
Km. 399+725	Km. 400+730	1,005.00	7.00	7,035.00	0.597	2.26	0.595	0.0171	0.0172
Km. 400+730	Km. 401+740	1,010.00	6.50	6,565.00	0.602	2.28	0.595	0.0160	0.0159
Km. 401+740	Km. 403+250	1,510.00	6.00	9,060.00	0.591	2.24	0.601	0.0166	0.0163
Km. 403+250	Km. 404+280	1,030.00	5.50	5,665.00	0.609	2.31	0.602	0.0159	0.0162
Km. 404+280	Km. 404+880	600.00	5.70	3,420.00	0.614	2.32	0.608	0.0175	0.0166
Km. 404+880	Km. 405+180	300.00	5.50	1,650.00	0.606	2.29	0.599	0.0152	0.0154
Km. 405+180	Km. 406+280	1,100.00	7.60	8,360.00	0.592	2.24	0.603	0.0161	0.0163
Km. 406+280	Km. 406+620	340.00	6.10	2,074.00	0.593	2.24	0.601	0.0159	0.0159
Km. 406+620	Km. 407+600	980.00	6.00	5,880.00	0.604	2.29	0.598	0.0153	0.0157
Km. 407+600	Km. 408+460	860.00	6.05	5,203.00	0.609	2.31	0.604	0.0158	0.0161
Km. 408+460	Km. 409+500	1,040.00	5.55	5,772.00	0.619	2.34	0.605	0.0156	0.0158
Km. 409+500	Km. 410+550	1,050.00	6.00	6,300.00	0.602	2.28	0.598	0.0167	0.0163
Km. 410+550	Km. 411+360	810.00	6.40	5,184.00	0.596	2.26	0.595	0.0164	0.0165
Km. 411+360	Km. 412+480	1,120.00	6.85	7,672.00	0.597	2.26	0.593	0.0156	0.0158
Km. 412+480	Km. 413+220	740.00	5.20	3,848.00	0.608	2.30	0.601	0.0156	0.0160
Km. 413+220	Km. 414+740	1,520.00	5.30	8,056.00	0.593	2.25	0.598	0.0155	0.0155
Km. 414+740	Km. 415+610	870.00	5.40	4,698.00	0.615	2.33	0.607	0.0160	0.0163
Km. 434+510	Km. 434+680	170.00	6.70	1,139.00	0.615	2.33	0.605	0.0193	0.0192
Km. 434+680	Km. 435+000	320.00	5.00	1,600.00	0.594	2.25	0.604	0.0188	0.0176
Km. 435+000	Km. 436+760	1,760.00	5.50	9,680.00	0.604	2.29	0.611	0.0155	0.0161
Km. 436+760	Km. 437+520	760.00	6.00	4,560.00	0.614	2.32	0.612	0.0164	0.0168
Km. 437+520	Km. 437+575	55.00	7.00	385.00	0.649	2.46	0.622	0.0182	0.0172

CANTIDAD	32	32	32	32	32	32	32
SUMA	192.0	179123.0	19.252	72.868	19.201	0.527	0.525
PROMEDIO	6.0	5597.6	0.602	2.277	0.600	0.016	0.016
ESPECIFICACION	Máximo	---	---	---	---	---	---
	Minimo	---	---	---	---	---	---
MÍNIMO	5.0	385.0	0.582	2.2	0.586	0.0	0.015
MÁXIMO	7.6	9680.0	0.649	2.5	0.622	0.0	0.019
DEV. ESTANDAR	0.63	2603.39	0.01	0.05	0.01	0.00	0.001
COEF. VARIACIÓN	10.52	46.51	2.26	2.26	1.27	6.62	4.748

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 42: Control de Colocación de Agregados Pétreos en Pista.

UBICACIÓN	PUNTO DE MUESTREO	% QUE PASA					MÓDULO DE FINEZA	TAMAÑO MEDIO (pulg)	OBSERVACIONES
	Km.	1/2"	3/8"	N° 04	N° 08	N° 16			
Km. 388+800 - Km. 389+780	Km.389+100	100.0	93.2	32.7	11.0	1.4	2.62	0.56	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 389+780 - Km. 390+240	Km.389+930	100.0	94.3	26.6	9.8	1.8	2.68	0.57	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 390+240 - Km. 391+130	Km.390+710	100.0	93.8	29.9	11.4	1.5	2.63	0.56	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 391+130 - Km. 392+540	Km.391+870	100.0	92.9	27.3	12.0	1.5	2.66	0.57	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 392+540 - Km. 393+990	Km.393+250	100.0	92.6	29.4	11.5	0.8	2.66	0.57	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 393+990 - Km. 395+390	Km.394+500	100.0	91.9	31.7	11.3	1.5	2.64	0.56	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 395+390 - Km. 396+760	Km.395+920	100.0	93.6	28.1	9.2	1.0	2.68	0.57	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 396+760 - Km. 397+980	Km.397+230	100.0	92.0	30.9	10.3	1.4	2.65	0.56	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 397+980 - Km. 398+580	Km.398+190	100.0	93.0	34.7	10.8	1.1	2.60	0.55	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 398+580 - Km. 399+725	Km.399+020	100.0	92.7	34.4	10.7	0.5	2.62	0.55	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 399+725 - Km. 400+730	Km.400+050	100.0	93.9	33.1	11.4	1.0	2.61	0.55	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 400+730 - Km. 401+740	Km.400+950	100.0	91.9	39.6	11.0	1.1	2.56	0.54	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 401+740 - Km. 403+250	Km.402+320	100.0	93.2	43.7	12.4	0.8	2.50	0.52	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 403+250 - Km. 404+280	Km.403+680	100.0	93.2	40.4	11.4	0.5	2.55	0.53	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 404+280 - Km. 404+880	Km.404+650	100.0	91.3	40.0	12.8	0.7	2.55	0.54	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 404+880 - Km. 405+180	Km.405+020	100.0	93.4	40.0	11.6	0.8	2.54	0.53	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 405+180 - Km. 406+280	Km.405+670	100.0	91.6	33.9	10.0	0.5	2.64	0.55	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 406+280 - Km. 406+620	Km.406+520	100.0	95.2	39.5	13.2	0.9	2.51	0.53	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 406+620 - Km. 407+600	Km.407+160	100.0	94.3	41.9	12.9	0.4	2.51	0.53	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 407+600 - Km. 408+460	Km.408+350	100.0	93.3	39.8	11.5	0.3	2.55	0.54	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 408+460 - Km. 409+500	Km.409+060	100.0	91.8	36.2	12.4	0.2	2.59	0.55	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 409+500 - Km. 410+550	Km.410+110	100.0	94.1	45.1	11.6	0.4	2.49	0.52	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 410+550 - Km. 411+360	Km.411+000	100.0	95.6	47.6	11.9	1.0	2.44	0.50	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 411+360 - Km. 412+480	Km.412+080	100.0	92.3	44.4	10.9	0.6	2.52	0.52	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 412+480 - Km. 413+220	Km.412+940	100.0	92.3	41.6	11.1	0.6	2.54	0.53	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 413+220 - Km. 414+740	Km.413+920	100.0	91.9	41.7	11.3	0.6	2.54	0.52	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 414+740 - Km. 415+610	Km.414+960	100.0	94.0	47.1	10.5	0.7	2.48	0.50	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 434+510 - Km. 434+680	Km.434+600	100.0	93.4	28.1	10.6	1.7	2.66	0.57	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 434+680 - Km. 435+000	Km.434+800	100.0	92.3	34.7	9.4	0.8	2.63	0.55	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 435+000 - Km. 436+760	Km.435+950	100.0	92.3	35.3	12.1	1.3	2.59	0.55	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA
Km. 436+760 - Km. 435+575	Km.437+280	100.0	94.7	30.7	10.6	1.5	2.63	0.56	MONOCAPA "HUSO 6" - PISTA

CANTIDAD	31	31	31	31	31	31	31
SUMA	3100.0	2885.8	1129.9	348.7	28.8	80.1	16.8
PROMEDIO	100.0	93.1	36.4	11.2	0.9	2.6	0.5
ESPECIFICACIÓN	100	85	10	0	0	---	---
	100	100	30	10	5	---	---
MÍNIMO	100.0	91.3	26.6	9.2	0.2	2.4	0.5
MÁXIMO	100.0	95.6	47.6	13.2	1.8	2.7	0.6
DEV. ESTANDAR	0.00	1.08	6.14	0.97	0.44	0.07	0.02
COEF. VARIACIÓN	0.00	1.16	16.84	8.61	47.37	2.55	3.55

Fuente: Elaboración Propia.

- **Slurry Seal**

Se realizó la colocación de Slurry Seal – Mortero Asfáltico, entre las progresivas Km. 434+510 al Km. 437+575. De la aplicación del Slurry Seal se realizó los lavados asfálticos (contenido de asfalto) obteniendo el 7.88% de asfalto en la mezcla. Los agregados pétreos provienen de la Cantera Km. 437+500 – acceso 10km.

Tabla 43: Cuadro de Control de Colocación de Agregados Pétreos en Pista.

CANTERA	TRAMO	PUNTO DE MUESTREO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								ASFALTO RESIDUAL (%)
			N° 04	N° 08	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200		
Coporaque	Km. 388+790 - Km. 389+680 AL	Km. 388+850	100.0	82.0	56.7	39.0	26.9	17.6	11.8	8.1	7.53
Coporaque	Km. 388+790 - Km. 389+680 AL	Km. 389+010	100.0	81.7	58.8	39.8	26.0	16.5	11.0	7.6	7.40
Coporaque	Km. 388+790 - Km. 389+680 AL	Km. 389+260	100.0	83.7	61.4	42.4	28.0	19.7	12.0	7.5	7.52
Coporaque	Km. 388+790 - Km. 389+680 AL	Km. 389+330	100.0	83.2	59.3	40.5	28.0	18.9	11.7	7.6	7.39
Coporaque	Km. 388+790 - Km. 389+680 AL	Km. 389+500	100.0	79.6	59.7	41.4	28.7	19.7	12.1	7.9	7.46
Coporaque	Km. 389+680 - Km. 390+240 AL	Km. 389+780	100.0	79.6	57.3	39.1	28.0	18.6	12.0	7.9	7.48
Coporaque	Km. 389+680 - Km. 390+240 AL	Km. 389+900	100.0	81.4	59.1	40.5	27.7	19.4	11.8	8.1	7.48
Coporaque	Km. 389+680 - Km. 390+240 AL	Km. 390+060	100.0	81.7	59.8	40.1	28.2	19.1	11.4	7.2	7.39
Coporaque	Km. 389+680 - Km. 390+240 AL	Km. 390+120	100.0	80.7	59.3	39.3	29.0	19.4	11.9	7.3	7.34
Coporaque	Km. 389+680 - Km. 390+240 AL	Km. 390+220	100.0	82.6	59.1	40.9	27.5	19.3	12.1	7.3	7.23
Coporaque	Km. 390+240 - Km. 390+850 AL	Km. 390+280	100.0	81.3	56.7	38.1	27.5	17.9	11.4	7.6	7.45
Coporaque	Km. 390+240 - Km. 390+850 AL	Km. 390+390	100.0	82.1	57.9	39.2	27.2	18.4	10.9	7.2	7.60
Coporaque	Km. 390+240 - Km. 390+850 AL	Km. 390+510	100.0	82.7	59.7	42.4	29.4	19.1	12.0	8.0	7.46
Coporaque	Km. 390+240 - Km. 390+850 AL	Km. 390+640	100.0	80.9	59.6	40.1	29.4	19.5	12.4	8.5	7.55
Coporaque	Km. 390+240 - Km. 390+850 AL	Km. 390+730	100.0	82.6	59.3	38.5	28.4	20.3	12.9	8.4	7.34
Coporaque	Km. 390+850 - Km. 391+710 AL	Km. 390+910	100.0	81.2	59.7	38.5	27.1	18.1	12.6	7.5	7.52
Coporaque	Km. 390+850 - Km. 391+710 AL	Km. 391+060	100.0	85.7	60.1	39.0	26.7	17.3	10.9	7.8	7.29
Coporaque	Km. 390+850 - Km. 391+710 AL	Km. 391+280	100.0	83.1	59.9	41.6	27.6	19.1	12.5	7.6	7.39
Coporaque	Km. 390+850 - Km. 391+710 AL	Km. 391+560	100.0	80.8	58.7	39.2	28.2	18.8	11.2	7.4	7.47
Coporaque	Km. 390+850 - Km. 391+710 AL	Km. 391+670	100.0	81.1	61.1	39.8	26.8	18.8	12.1	7.9	7.59
Coporaque	Km. 391+710 - Km. 392+500 AL	Km. 391+820	100.0	81.2	49.6	32.4	23.3	16.2	11.1	8.1	7.28
Coporaque	Km. 391+710 - Km. 392+500 AL	Km. 391+980	100.0	83.3	59.3	41.8	25.7	17.8	11.9	7.7	7.45
Coporaque	Km. 391+710 - Km. 392+500 AL	Km. 392+180	100.0	81.1	58.9	39.9	29.5	18.5	11.3	7.3	7.49
Coporaque	Km. 391+710 - Km. 392+500 AL	Km. 392+390	100.0	83.7	60.2	39.7	28.1	18.7	11.4	7.2	7.13
Coporaque	Km. 391+710 - Km. 392+500 AL	Km. 392+450	100.0	80.8	60.8	42.8	29.2	19.3	11.8	7.3	7.44
Coporaque	Km. 392+500 - Km. 393+380 AL	Km. 392+640	100.0	80.8	57.4	40.0	27.5	18.1	11.1	7.2	7.44
Coporaque	Km. 392+500 - Km. 393+380 AL	Km. 392+790	100.0	79.7	56.7	39.5	27.3	18.4	11.0	8.1	7.42
Coporaque	Km. 392+500 - Km. 393+380 AL	Km. 392+970	100.0	79.5	55.7	39.2	27.0	18.6	11.1	7.8	7.32
Coporaque	Km. 392+500 - Km. 393+380 AL	Km. 393+160	100.0	82.7	63.2	41.2	28.5	20.1	12.3	7.9	7.31
Coporaque	Km. 392+500 - Km. 393+380 AL	Km. 393+300	100.0	82.5	61.1	43.1	28.1	18.6	11.4	7.5	7.43
Coporaque	Km. 393+380 - Km. 394+170 AL	Km. 393+510	100.0	81.3	58.7	38.2	27.9	17.8	11.0	7.4	7.53
Coporaque	Km. 393+380 - Km. 394+170 AL	Km. 392+690	100.0	83.4	56.5	36.1	25.5	16.8	11.5	8.0	7.57
Coporaque	Km. 393+380 - Km. 394+170 AL	Km. 392+910	100.0	83.4	57.4	38.0	27.4	17.7	12.3	8.1	7.51
Coporaque	Km. 393+380 - Km. 394+170 AL	Km. 393+040	100.0	81.5	59.7	42.6	28.5	20.0	12.1	7.5	7.39
Coporaque	Km. 393+380 - Km. 394+170 AL	Km. 393+130	100.0	82.8	62.0	41.6	27.1	17.7	11.0	7.1	7.25
Coporaque	Km. 394+170 - Km. 395+290 AL	Km. 394+250	100.0	82.8	60.3	40.1	27.0	17.4	11.2	7.7	7.31
Coporaque	Km. 394+170 - Km. 395+290 AL	Km. 394+410	100.0	83.0	60.7	40.7	27.8	18.3	12.2	8.7	7.35
Coporaque	Km. 394+170 - Km. 395+290 AL	Km. 394+670	100.0	81.5	57.5	37.5	27.0	18.0	10.6	7.8	7.52
Coporaque	Km. 394+170 - Km. 395+290 AL	Km. 394+930	100.0	79.8	59.4	42.4	27.7	19.6	11.8	7.4	7.58
Coporaque	Km. 394+170 - Km. 395+290 AL	Km. 395+120	100.0	83.1	63.4	43.6	27.7	19.7	11.8	7.5	7.27
Coporaque	Km. 395+290 - Km. 396+260 AL	Km. 395+320	100.0	80.6	60.1	40.1	26.7	18.1	11.6	7.5	7.36
Coporaque	Km. 395+290 - Km. 396+260 AL	Km. 395+460	100.0	80.8	60.0	39.9	26.3	17.9	11.0	7.0	7.41
Coporaque	Km. 395+290 - Km. 396+260 AL	Km. 395+670	100.0	80.9	59.7	38.6	26.4	18.1	12.2	8.6	7.33
Coporaque	Km. 395+290 - Km. 396+260 AL	Km. 395+810	100.0	81.0	59.5	40.0	26.9	18.6	11.5	7.6	7.57
Coporaque	Km. 395+290 - Km. 396+260 AL	Km. 396+070	100.0	82.0	59.3	40.8	25.7	17.7	11.3	7.5	7.45
Coporaque	Km. 396+260 - Km. 397+425 AL	Km. 396+260	100.0	82.8	61.6	41.3	25.7	19.2	11.0	7.3	7.47
Coporaque	Km. 396+260 - Km. 397+425 AL	Km. 396+410	100.0	81.7	60.2	43.1	29.2	18.5	10.7	7.1	7.37
Coporaque	Km. 396+260 - Km. 397+425 AL	Km. 396+730	100.0	82.7	60.7	43.4	27.3	18.4	11.5	8.0	7.45
Coporaque	Km. 396+260 - Km. 397+425 AL	Km. 397+000	100.0	79.1	60.8	44.0	29.1	19.1	11.4	7.4	7.33
Coporaque	Km. 396+260 - Km. 397+425 AL	Km. 397+270	100.0	82.2	61.5	42.8	29.2	19.7	12.0	7.8	7.52
Coporaque	Km. 397+425 - Km. 398+600 AL	Km. 397+530	100.0	83.4	57.2	36.7	23.6	17.9	11.0	7.7	7.50
Coporaque	Km. 397+425 - Km. 398+600 AL	Km. 397+650	100.0	85.5	59.5	36.8	23.2	17.6	10.7	7.6	7.28
Coporaque	Km. 397+425 - Km. 398+600 AL	Km. 397+930	100.0	85.1	60.7	38.1	25.7	19.2	11.6	8.0	7.34
Coporaque	Km. 397+425 - Km. 398+600 AL	Km. 398+320	100.0	80.2	57.8	38.5	25.6	17.4	11.0	7.1	7.28
Coporaque	Km. 397+425 - Km. 398+600 AL	Km. 398+510	100.0	82.6	62.0	42.7	26.6	18.7	11.4	7.4	7.48
Coporaque	Km. 398+600 - Km. 399+830 AL	Km. 398+690	100.0	83.6	61.5	41.0	26.0	19.1	11.5	7.5	7.58
Coporaque	Km. 398+600 - Km. 399+830 AL	Km. 399+010	100.0	82.0	58.6	40.5	26.0	19.4	11.3	7.5	7.15
Coporaque	Km. 398+600 - Km. 399+830 AL	Km. 399+230	100.0	82.7	60.9	40.7	25.8	18.5	11.9	8.0	7.29
Coporaque	Km. 398+600 - Km. 399+830 AL	Km. 399+340	100.0	82.4	59.1	39.4	26.7	17.9	11.1	7.4	7.33
Coporaque	Km. 398+600 - Km. 399+830 AL	Km. 399+750	100.0	82.2	60.2	40.1	26.4	18.1	11.0	7.5	7.44
Coporaque	Km. 399+830 - Km. 400+600 AL	Km. 399+950	100.0	84.3	58.6	38.0	25.3	17.5	11.2	7.4	7.32
Coporaque	Km. 399+830 - Km. 400+600 AL	Km. 400+000	100.0	82.1	58.9	40.9	26.5	19.9	11.8	8.0	7.42
Coporaque	Km. 399+830 - Km. 400+600 AL	Km. 400+120	100.0	82.9	62.6	41.0	27.4	19.4	12.1	8.0	7.39
Coporaque	Km. 399+830 - Km. 400+600 AL	Km. 400+230	100.0	82.9	60.9	40.8	27.0	18.2	11.2	7.3	7.26
Coporaque	Km. 399+830 - Km. 400+600 AL	Km. 400+570	100.0	82.3	61.8	41.4	27.8	19.7	12.4	7.9	7.19
Coporaque	Km. 400+600 - Km. 401+620 AL	Km. 400+750	100.0	84.2	59.9	38.3	25.0	17.7	11.4	7.7	7.48
Coporaque	Km. 400+600 - Km. 401+620 AL	Km. 400+860	100.0	82.3	55.9	38.6	25.4	17.8	11.6	8.2	7.45
Coporaque	Km. 400+600 - Km. 401+620 AL	Km. 401+120	100.0	83.1	59.8	39.8	27.2	19.4	12.4	8.0	7.53
Coporaque	Km. 400+600 - Km. 401+620 AL	Km. 400+390	100.0	82.5	59.5	40.2	26.5	18.9	11.9	7.8	7.12
Coporaque	Km. 400+600 - Km. 401+620 AL	Km. 400+530	100.0	81.8	62.2	41.6	27.8	19.3	11.8	7.8	7.43
Coporaque	Km. 401+620 - Km. 402+680 AL	Km. 401+730	100.0	82.3	57.1	36.5	24.0	18.8	12.3	8.3	7.54
Coporaque	Km. 401+620 - Km. 402+680 AL	Km. 401+960	100.0	82.2	57.5	36.8	24.2	19.0	12.4	8.1	7.26
Coporaque	Km. 401+620 - Km. 402+680 AL	Km. 402+230	100.0	82.0	60.1	38.8	27.3	19.2	11.5	7.4	7.54
Coporaque	Km. 401+620 - Km. 402+680 AL	Km. 402+470	100.0	82.3	59.6	39.8	26.8	18.8	11.7	7.3	7.41
Coporaque	Km. 401+620 - Km. 402+680 AL	Km. 402+630	100.0	81.7	60.9	42.3	28.5	19.2	11.3	7.4	7.31
Coporaque	Km. 402+680 - Km. 403+710 AL	Km. 402+760	100.0	82.0	60.6	39.7	27.0	18.4	11.4	7.6	7.47
Coporaque	Km. 402+680 - Km. 403+710 AL	Km. 402+890	100.0	82.6	62.0	40.6	28.7	18.7	12.0	7.9	7.28
Coporaque	Km. 402+680 - Km. 403+710 AL	Km. 403+120	100.0	83.1	61.3	40.7	27.7	18.8	11.9	7.9	7.43
Coporaque	Km. 402+680 - Km. 403+710 AL	Km. 403+420	100.0	80.0	59.6	42.0	26.5	18.7	11.2	7.6	7.47
Coporaque	Km. 402+680 - Km. 403+710 AL	Km. 403+660	100.0	82.9	60.9	41.7	27.2	18.9	11.2	7.6	7.35
Coporaque	Km. 403+710 - Km. 404+820 AL	Km. 403+830	100.0	81.7	60.3	40.3	27.0	18.9	12.7	8.1	7.63
Coporaque	Km. 403+710 - Km. 404+820 AL	Km. 403+980	100.0	84.9	62.4	40.3	28.0	19.1	11.6	7.6	7.46
Coporaque	Km. 403+710 - Km. 404+820 AL	Km. 404+210	100.0	80.6	59.1	39.6	27.5	19.2	11.9	8.2	7.28
Coporaque	Km. 403+710 - Km. 404+820 AL	Km. 404+360	100.0	81.3	59.9	41.6	28.3	19.6	11.8	7.4	7.49
Coporaque	Km. 403+710 - Km. 404+820 AL	Km. 404+610	100.0	82.4	61.1	41.7	27.1	18.4	11.7	7.8	7.36
Coporaque	Km. 404+820 - Km. 405+600 AL	Km. 404+970	100.0	84.4	59.2	38.1	26.0	17.6	11.6	8.0	7.47
Coporaque	Km. 404+820 - Km. 405+600 AL	Km. 405+160	100.0	83.2	60.6	40.7	26.6	18.5	11.6	7.3	7.40

Fuente: Elaboración Propia.

5.3. ANALISIS DE RESULTADOS

Se consideró la evaluación de las condiciones geológicas y geotécnicas que influyen en la estabilización de suelos para pavimento básico en el Tramo III y Tramo V, de esta manera se evitó las posibles fallas a futuras del pavimento.

5.3.1. Condiciones geológicas y geotécnicas

Se identificaron los factores geológicos y geotécnicos del area en estudio, pero sin embargo no se pudo evitar algunas fallas en el tramo como se muestra en la siguiente figura, estas fallas sobre todo se dan en zonas de curva, lo cual se volvió a mejorar, pero generando un costo adicional, en el tramo V podemos ver de acuerdo al resumen de ensayos presentados en el anexo I, hubo sectores con presencia de turba el cual se hizo un estudio realizando calicatas a menor distancia para ver hasta donde abarcaba dicho material, para luego realizar un diseño para mejorar ese area y así se garantizó la funcionalidad del pavimento.



Figura 11: Se observa al lado derecho e izquierdo la evaluación de la falla de la carpeta asfáltica en la curva Tramo III.



5.3.2. Análisis de la composición de los suelos encontrados

A continuación, se presenta 02 cuadros resumen, uno por cada tramo, donde se puede observar claramente la preponderancia de los materiales granulares, llámense gravas y arenas.

Aquí es relevante conocer primero las incidencias de los tipos de suelos en cada uno de los tramos evaluados.

Recordemos que la incidencia está determinado por el espesor de un determinado estrato respecto del total de profundidad efectuado. Así, si tuviésemos una calicata de 1.50 m de profundidad con un solo estrato, digamos GC, se puede afirmar que la incidencia del suelo tipo GC es de 100% en el tramo analizado (determinado por 1 prospección, que hace que la longitud de análisis sea 1.50 m).

Si en el mismo tramo anterior se tuviese en la misma prospección dos tipos de suelos, digamos GC (50 cm) y CL (100 cm), podríamos concluir que la incidencia del suelo tipo GC es de 33% y del suelo tipo CL sería del 67% (determinado por 1 prospección).

Finalmente, si fueran dos prospecciones de 1.50 m de profundidad con la siguiente conformación: el primero GC (50 cm) y luego SM (100 cm) y la segunda con GP (80 cm) y SM (70 cm), tendríamos que el GC tiene 16% de incidencia; GP tiene 43% de incidencia y SM tiene una incidencia de 41% misma conformación anterior. En éste caso, al ser 2 prospecciones, la longitud de análisis es 3.00m.

Bajo la consideración y análisis anterior, se han determinado la incidencia de los diversos tipos de suelos en cada uno de los tramos que son parte del mejoramiento. Estos se muestran a continuación y se detalla la descripción correspondiente.



Tramo III: Curasco (Km.146+145) – Challhuahucho (km 230+330)

El tramo III, que inicia en Curasco y termina en Chalhuahuacho KM 230+330, es notorio y evidente del cuadro la preponderancia del material arenoso con mezcla de liomos y arcillas (SM-SC) prácticamente en el orden del 21.37%. Es decir, es un suelo cuya fracción gruesa que pasa el tamiz N° 4 es mayor a 50%; es homogéneo en tamaño granulométrico y cuenta con pocos finos o carece de ellos. Luego existen tipos de suelo con una incidencia casi pareja al primero de 18.55% (SC), también existe arcilla inorgánica (CL) con un 17.89% y limos (ML) de 10.69% y la roca en un 10% ,también las gravas limosas arcillosas (GM-GC) en un 8.39%. el resto de materiales esta dividido entre los demas tipos de suelos que en suma son de poca incidencia.

A continuacion se presenta los cuadros y diagramas de incidencia de los materiales totales presentes en el tramo, las calicatas realizadas fueron de 1.50 mts. Pero esta profundidad varia de acuerdo a la litoestratigrafia presente en cada calicata.

Numero de Calicatas	:	155	und.
Profundidad de Exploración	:	1.5	m.
Profundidad Total Exploración	:	232.5	m.

En la siguiente tabla 44 se puede apreciar el tipo de suelo presente en el tramo III, el total de profundidad representada en metros obteniendo asi un total de 232.50 que representaria el 100%, asi mismo se observa la incidencidencia representada en porcentaje para cada tipo de suelo.

Tabla 44: Incidencia por tipo de suelos totales tramo III

Tipo de Suelo	Profundidad Total (mt.)	Incidencia (%)
GM		
GP		
GM - GP	5.50	2.366
GM - GC	19.50	8.387
GP - GC	8.60	3.699
GW - GC		0.000
SM - SC	49.70	21.376
SP - SC	2.15	0.925
SW		
GC	7.40	3.183
GW		
SC	43.15	18.559
SP		0.000
SM - SP	1.50	0.645
SM		
CL	41.60	17.892
ML	24.85	10.688
CL - ML	2.30	0.989
SC - SW	3.00	1.290
TURBA		0.000
ROCA	23.25	10.000
SILLAR		
TOTAL	232.50	100.00

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente figura 12 se puede apreciar claramente la totalidad de suelo encontrado en el presente tramo y la incidencia de cada tipo de suelo.

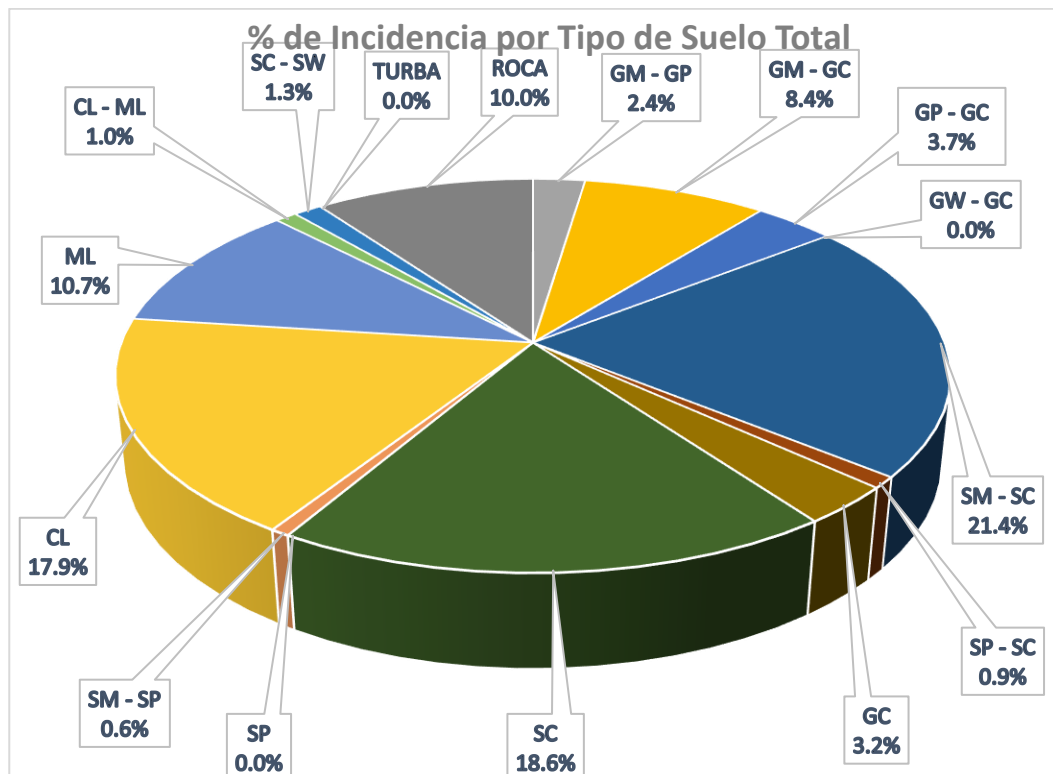


Figura 12: Incidencia por tipo de suelo total Tramo III.

En esta tabla 45 se presenta la longitud total de cada estrato y el porcentaje de incidencia por cada tipo de suelos presente en cada estrato, así mismo en la última parte se tiene el resultado de porcentaje que representa cada estrato en la totalidad de suelos.

Tabla 45: Incidencia por tipo de suelos por cada estrato Tramo III

Tipo de Suelo	Estrato 1		Estrato 2		Estrato 3	
	Prof. (mt.)	Inc. (%)	Prof. (mt.)	Inc. (%)	Prof. (mt.)	Inc. (%)
GM						
GP						
GM - GP	2.30	3.016	3.20	2.798		
GM - GC	12.10	15.869	5.30	4.635	0.85	2.029
GP - GC	5.20	6.820	2.55	2.230	0.85	2.029
GW - GC						
SM - SC	20.50	26.885	18.20	15.916	11.00	26.253
SP - SC	2.15	2.820				
SW						
GC	2.00	2.623	2.10	1.836	3.30	7.876
GW						
SC	24.00	31.475	15.10	13.205	4.95	11.814
SP						
SM - SP	0.95	1.246	0.55	0.481		
SM						
CL	2.25	2.951	28.70	25.098	10.65	25.418
ML	0.30	0.393	22.05	19.283	2.50	5.967
CL - ML	1.50	1.967	0.80	0.700	1.25	2.983
SC - SW	3.00	3.934				
TURBA						
ROCA			15.80	13.817	6.55	15.632
SILLAR						
TOTAL	76.25	100.00	114.35	100.00	41.90	100.00
% QUE REPRESENTA DEL TOTAL	32.79569892		49.1827957		18.02150538	

Fuente: Elaboración Propia.

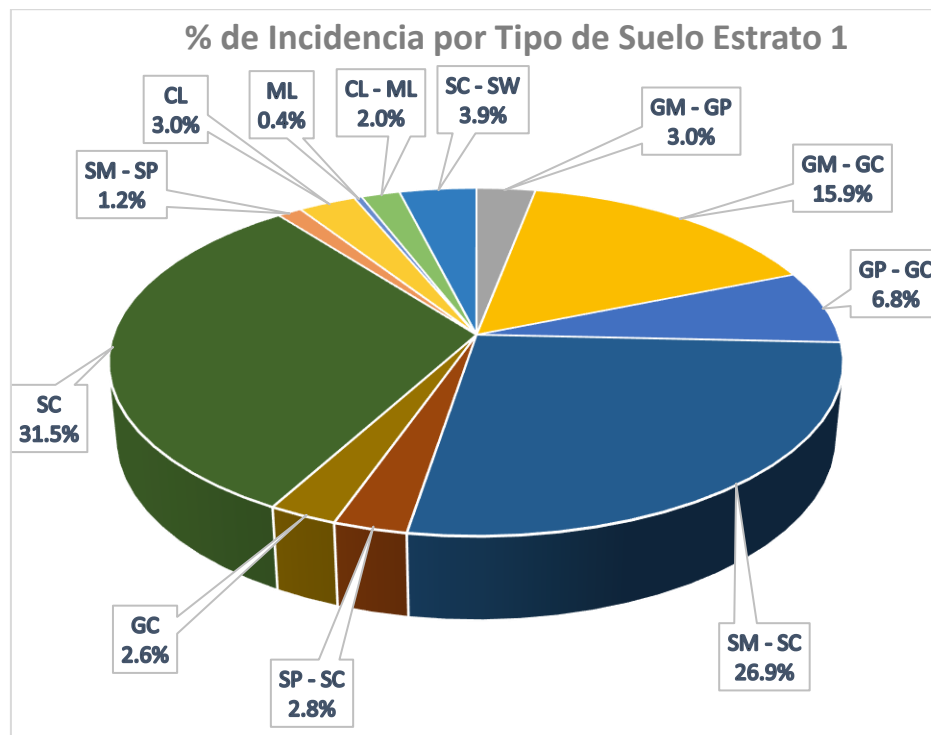


Figura 13: Incidencia por tipo de suelos Primer Estrato – Tramo III.

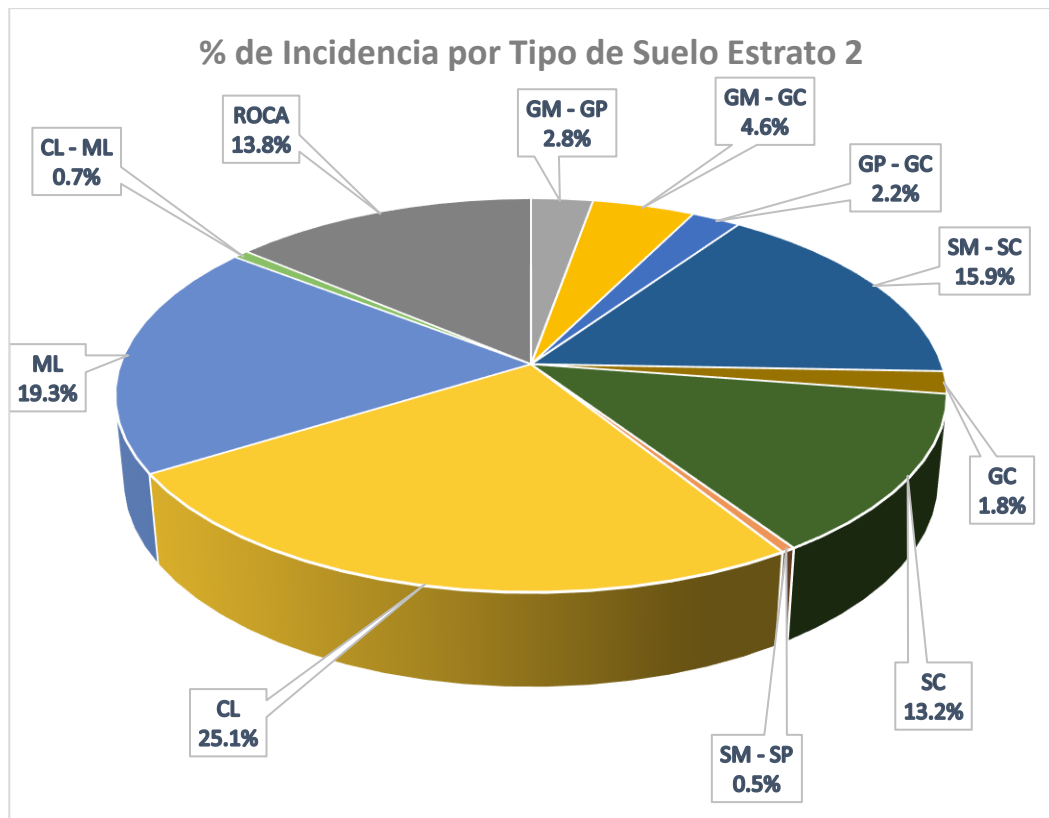


Figura 14: Incidencia por tipo de suelos Segundo Estrato – Tramo III.

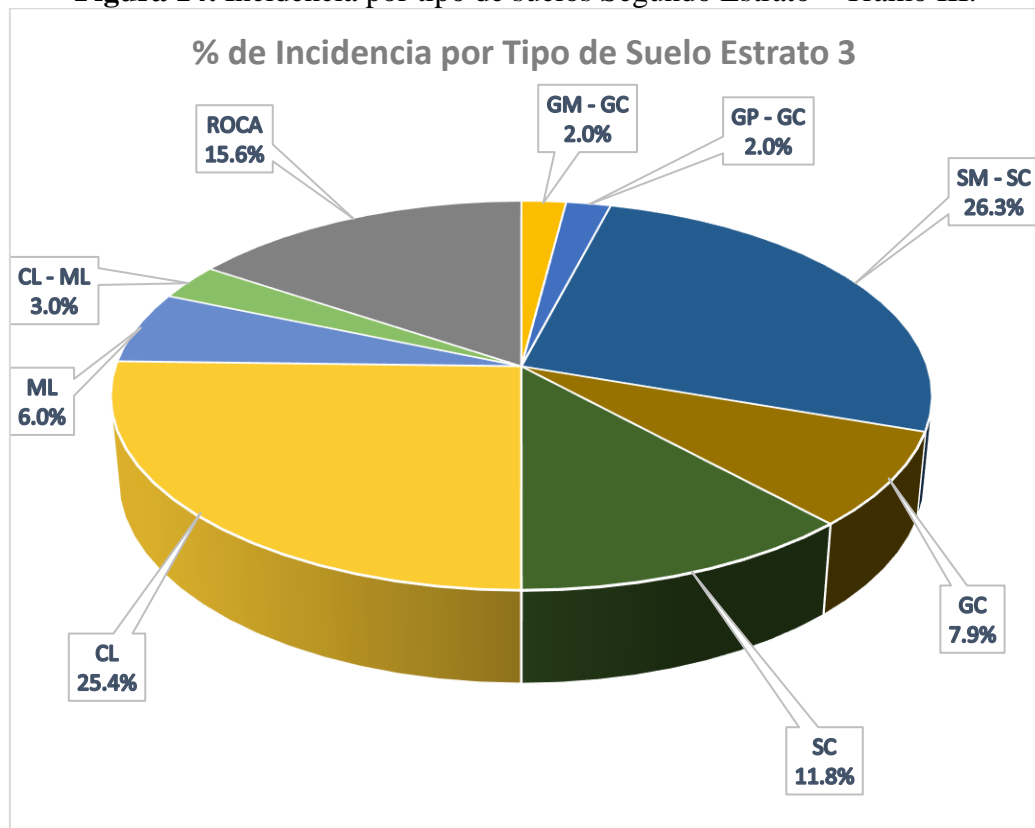


Figura 15: Incidencia por tipo de suelos Tercer Estrato – Tramo III.



Tramo V: Empalme Nueva Carretera (Km. 374+365) – Puente Quero (Km. 437+455)

El tramo V, que inicia en Empalme Nueva Carretera (Km. 374+365) - Puente Quero (Km. 437+455), es notorio y evidente del cuadro la preponderancia del material arcilloso limoso (SM-SC) prácticamente en el orden del 21.38%. Es decir, es un suelo cuya fracción fina que se retiene el tamiz N° 200 es mayor a 50%; es homogéneo en tamaño granulométrico y cuenta con pocos gruesos o carece de ellos. Luego existen tipos de suelo con una incidencia un poco menor al primero de 18.56% (SC) arena arcillosa, también existe arcilla de baja compresibilidad, mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava (CL) con un 17.90% y limo de baja compresibilidad, mezcla de limo de baja plasticidad, arena y grava (ML) de 10.69%, roca en un 10.00% y grava limo arcillosa (GM-GC) con un 8.39%, el resto de materiales está dividido entre los demás tipos de suelos que en suma son de poca incidencia.

A continuación se presenta los cuadros y diagramas de incidencia de los materiales totales presentes en el tramo, las calicatas realizadas fueron de 1.50 mts. Pero esta profundidad varía de acuerdo a la litoestratigrafía presente en cada calicata.

Numero de Calicatas	:	126	und.
Profundidad de Exploración	:	1.5	m.
Profundidad Total Exploración	:	232.5	m.

En el siguiente tabla 46 se puede apreciar el tipo de suelo presente en el tramo III, el total de profundidad representada en metros obteniendo así un total de 232.50 que representaría el 100%, así mismo se observa la incidencia representada en porcentaje para cada tipo de suelo. incidencia por tipo de suelos totales Tramo V.

Tabla 46: Incidencia por Tipo de Suelos Totales Tramo V

Tipo de Suelo	Profundidad (mt.)	Incidencia (%)
GM		
GP		
GM - GP	5.50	2.366
GM - GC	19.50	8.387
GP - GC	8.60	3.699
GW - GC		
SM - SC	49.70	21.376
SP - SC	2.15	0.925
SW		
GC	7.40	3.183
GW		
SC	43.15	18.559
SP		
SM - SP	1.50	0.645
SM		
CL	41.60	17.892
ML	24.85	10.688
CL - ML	2.30	0.989
SC - SW	3.00	1.290
TURBA		
ROCA	23.25	10.000
SILLAR		
Total	232.50	100.00

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente figura 16 se puede apreciar claramente la totalidad de suelo encontrado en el presente tramo y la incidencia de cada tipo de suelo.

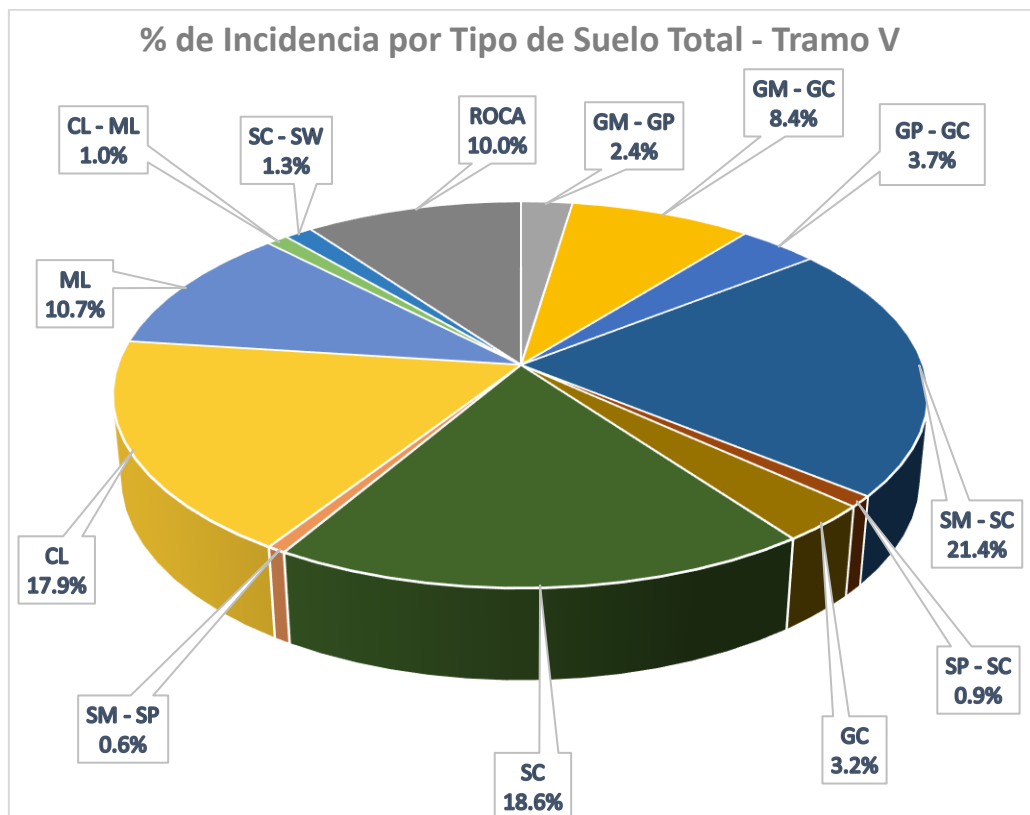


Figura 16: Incidencia por tipo de suelo total Tramo V

En esta tabla 47 se presenta la longitud total de cada estrato y el porcentaje de incidencia por cada tipo de suelos presente en cada estrato, así mismo en la última parte se tiene el resultado de porcentaje que representa cada estrato en la totalidad de suelos.

Tabla 47: Incidencia por Tipo de Suelos por Cada Estrato Tramo V

Tipo de Suelo	Estrato 1		Estrato 2		Estrato 3	
	Prof. (mt.)	Inc. (%)	Prof. (mt.)	Inc. (%)	Prof. (mt.)	Inc. (%)
GM						
GP						
GM - GP	2.30	3.016	3.20	2.798		
GM - GC	12.10	15.869	5.30	4.635	0.85	2.029
GP - GC	5.20	6.820	2.55	2.230	0.85	2.029
GW - GC						
SM - SC	20.50	26.885	18.20	15.916	11.00	26.253
SP - SC	2.15	2.820				
SW						
GC	2.00	2.623	2.10	1.836	3.30	7.876
GW						
SC	24.00	31.475	15.10	13.205	4.95	11.814
SP						
SM - SP	0.95	1.246	0.55	0.481		
SM						
CL	2.25	2.951	28.70	25.098	10.65	25.418
ML	0.30	0.393	22.05	19.283	2.50	5.967
CL - ML	1.50	1.967	0.80	0.700	1.25	2.983
SC - SW	3.00	3.934				
TURBA						
ROCA						
SILLAR			15.80	13.817	6.55	15.632
TOTAL	76.25	100.00	114.35	100.00	41.90	100.00
% QUE REPRESENTA DEL TOTAL	32.79569892		49.1827957		18.02150538	

Fuente: Elaboración Propia.

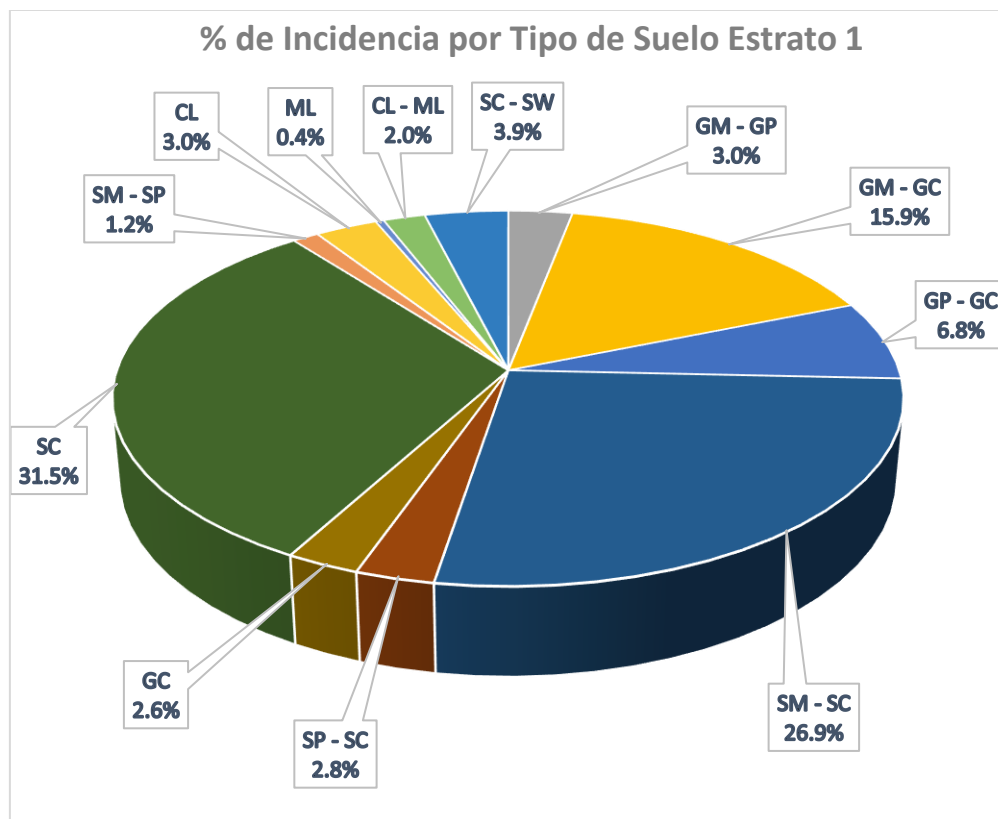


Figura 17: Incidencia por Tipo de Suelos Primer Estrato – Tramo V.

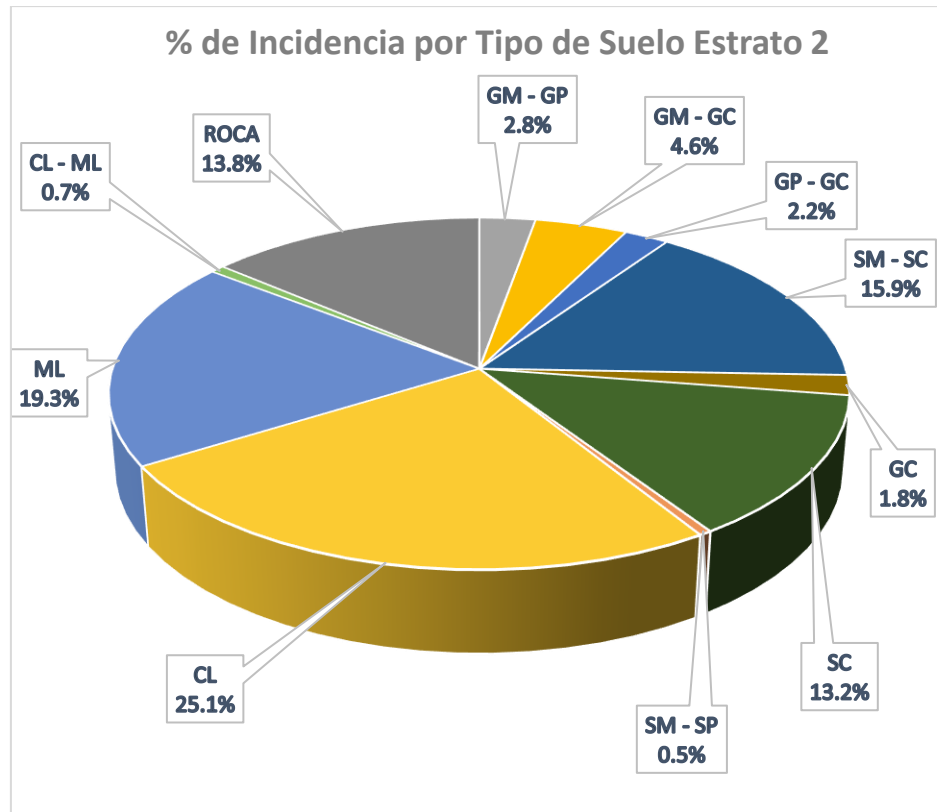


Figura 18: Incidencia por Tipo de Suelos Segundo Estrato – Tramo V.

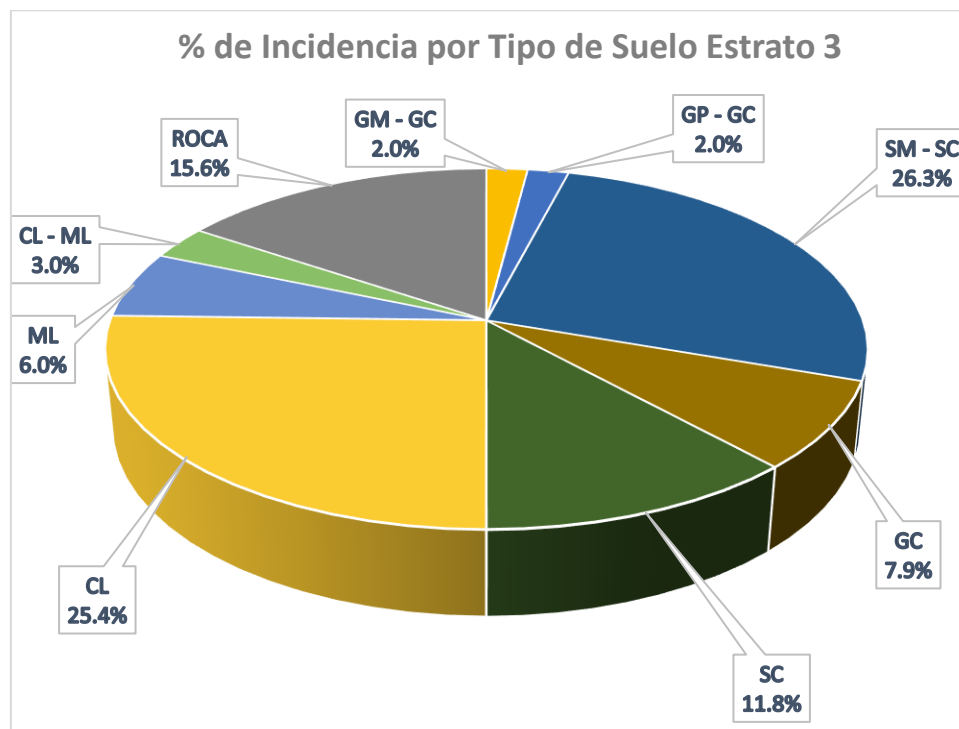


Figura 19: Incidencia por tipo de suelos Tercer Estrato – Tramo V.

De acuerdo a los estudios y ensayos realizados se puede concluir que no todo suelo es factible para el empleo de un agente estabilizador y así mejorar sus propiedades



físico-mecánicas, pero el empleo de materiales que no necesariamente cumple con las características de calidad exigidas en las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras de acuerdo a determinadas características del material, del agente estabilizante y de las solicitaciones de resistencia y/o durabilidad, los suelos excluidos para ser mejorados son aquellos que contengan materia orgánica en gran cantidad, como las turbas, estos suelos deben ser reemplazados completamente con material de canteras. En el tramo III se estabilizó con suelo emulsión y en el tramo V se estabilizó con suelo cemento haciendo una comparación entre ambos con los ensayos de laboratorio se obtuvieron buenos resultados, pero al momento de la imprimación asfáltica la que más resultados favorables tuvo con la adherencia fue el suelo estabilizado con emulsión.

De acuerdo a la clasificación de suelos obtenidas en los tramos podemos decir que el estabilizado de suelos nos permite el uso de los suelos existentes propios de cada zona, reforzándolo con los agentes estabilizantes para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas tomando en cuenta la geología y geotecnia dando así una mayor resistencia y tiempo de duración en la carpeta de rodamiento. De igual manera ayuda en la disminución de costos y tiempo en la construcción de carreteras, si se da uso a los mismos materiales de la zona reforzados con agentes estabilizadores se evitaría el transporte de materiales de canteras alejadas del área donde se ejecuta el proyecto de esta manera se podrá realizar en menos tiempo y talvez a un menor costo ya que no implicaría transportar los materiales de un punto a otro.

5.3.3. Análisis de las canteras

El estudio de las canteras se encuentran detalladas en el capítulo IV de la presente investigación, de acuerdo a la determinación de sus propiedades físico-mecánicas



mediante los ensayos de laboratorio se definió que son aptos para los siguientes uso: el tramo III de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas se determinó que las canteras del Km: 195+160, Km: 200+300 son canteras que cumplen con los requerimientos para uso en afirmado, las canteras del Km: 200+000, Km: 216+400 cumplen el requerimiento para el uso como material granular para estabilizado, Canteras Km: 214+000 de acuerdo a sus propiedades físico-mecánicas de sus agregados se utilizara para micropavimento. En Tramo V, las canteras del Km: 386+340, Km: 387+600, Km: 288+200, Km: 399+160, Km: 431+040 es de uso para afirmado, las canteras Pausiri, Coporaque es de uso como material granular para estabilizado.

5.3.4. Evaluación de la resistencia de la base estabilizada y como esta influye en la superficie de rodadura

De acuerdo a los resultados obtenidos líneas arriba podemos ver que en la Tabla 48: Control de Densidad y Compactación en Estabilizado con Emulsión – Método Cono de Arena y en tabla 39 Control de Densidad y Compactación en Suelo Cemento – Método Densímetro Nuclear. el resultado es mayor a 95% hasta 100% de compactación lo que nos indica que la base estabilizada está en perfectas condiciones, por lo tanto, la superficie de rodadura colocada tendrá más tiempo de duración, si esta base tendría una compactación menor a 95% entonces el pavimento tendría fallas que resaltarían de inmediato como los ahuellamientos, hundimientos, fisuras, grietas, etc. que se podrían apreciar a simple vista, así como observamos en la figura 11.

La utilización de algún tipo de superficie de rodadura sobre la base estabilizada dependerá del estudio de tráfico, mas no del agente estabilizador utilizado en los tramos de investigación, como es el caso del tramo III donde se colocó micropavimento, en el tramo V se colocó un tratamiento superficial simple y posteriormente Slurry Seal,



Así mismo tendremos un impacto positivo hacia el medio ambiente mediante la eliminación del polvo provocado por el tránsito vehicular que afecta a los cultivos y pastos para los animales, la población que sería afectada directamente a su salud mediante la aspiración de partículas finas que afectarían seriamente a sus pulmones, y daños materiales causadas por los polvos. La población afectada tendrá muchos beneficios como la construcción de la carretera en menor tiempo lo que facilitara y aumentará su comercialización, mejorara su calidad de vida.



V. CONCLUSIONES

- Las características geológicas (clima, estratigrafía, litología, geomorfología, tectónica) y geotécnicas (clasificación de suelos) que presenta la zona de estudio influyen en utilización de un agente estabilizante de suelos en el pavimento, para que la carpeta de rodadura tenga más tiempo de duración.
- Se identificó las condiciones geotécnicas del suelo en cada estrato, con lo que se vio los suelos no cumplen parámetros geotécnicos, para poder cumplir con las condiciones geotécnicas, para que los suelos tengan una buena funcionalidad se añadió un agente estabilizador, en el tramo III se añadió emulsión asfáltica el 1.8%. y en el tramo V se añadió cemento 3%, así mismo en este tramo se encontró en ciertos ciertos lugares la presencia de turba el cual será reemplazado con material de cantera para tener una mejor estabilidad y obtener una buena funcionalidad, finalmente se concluye que estas condiciones influyen en la utilización de un agente estabilizador para el pavimento .
- Se determinó las propiedades físicas y mecánicas de las canteras que se utilizó en los tramos mediante los ensayos de laboratorio: En el tramo III se utilizó como material de aporte para el estabilizado de las Canteras Km: 200+000 y la Cantera Km: 216+400 prosiguiendo con su respectivo diseño de estabilizado con emulsión y para el diseño de micropavimento de se utilizó arena de la Cantera Km:214+000 obteniendo resultados favorables. En el tramo V, el material de aporte que se utilizó para el diseño de Suelo Cemento fue de las Cantera Coporaque y Pausiri, el diseño de Monocapa y Slurry Seal se realizó con la arena producida de la Cantera. Km:437+500 obteniendo resultados favorables que se describen en el capítulo IV.



- Se evaluó la resistencia de los tramos estabilizados con suelo emulsión y suelo cemento mediante el ensayo de densidad de campo obteniendo así un % de compactación con valores mayores a 95% hasta 100%, el estabilizado con suelo emulsión tiene una mejor adherencia con la imprimación asfáltica, no podemos decir lo mismo del estabilizado con suelo cemento, la dificultad que se presenta es que la imprimación asfáltica no tiene una penetración, al igual que la adherencia no es tan favorable lo cual hace que se desprenda, por tal motivo la superficie de rodadura empieza a fallar, así mismo esto también tiene que ver por muchos factores como por ejemplo el clima, costo del agente estabilizador, tipo de material, geomorfología, etc. lo que le da un tiempo de vida útil menor de lo esperado.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar la investigar, analizar y probar otros agentes estabilizadores para mejorar las propiedades y calidad de los suelos.
- Se recomienda tener en consideración el uso de los agentes estabilizadores para mejorar la calidad de los suelos, para poder usar el suelo existente que no necesariamente cumple con los requerimientos de las especificaciones técnicas, así mismo evitaría que se transporte material de canteras que pueden tener un costo elevado.
- Se recomienda tener en cuenta los factores que pueden influenciar de manera negativa en la estabilización de suelos, debido a que cada lugar cuenta con diversos climas, diferente litología, geomorfología, tectónica, hidrología.



VII. REFERENCIAS

- AASTHO. (1991). *Standard Specification for Classification of Soils and Soil – Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. Designation M 145.*
- ASTM. (2011). *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). Designation D 2487 – 11.*
- Benavides V. (1962). *Formación Labra.*
- Caldas, J. (1994). *Cuadrángulo de Orcopampa.*
- Castellan Sayago, E. (s.f.). *Caminos y Carreteras.* Lima - Peru.
- Chang, A. (2001). *Diseño Avanzado de Pavimentos. Curso de Postgrado.* Lima, Lima, Lima.
- Coll Calderon, J. (2003). *Problemas Geotecnicos en las Carreteras.* Lima - Peru: IGC.
- Cordova, J. (1999). *Estudio Geologico, Geotecnico y Prospeccion de Materiales.* Madrid - España.
- De la Cruz Bustamente, N. S. (1996). *Geologia de los Cuandrangulos de Velille, Yauri, Ayaviri y Azangaro, hojas 30-s,30t, 30-u y 30v - boletin A 58.* Lima - Peru.
- Domingues Peña, R., Hernandez Melgar, S., Almanza Hernandez, F., & Juarez Sosa, J. (2006). *Manual de Practicas de Laboratorio de Geotecnia.* Mexico.
- Gonzalez de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingenieria Geologica.* Madrid: Pearson.
- Gerth, h (1915), Cabrera la Rosa, A. y Petersen, G. (1936). *Grupo Puno.*



Jenks, *Formación Murco*

Kuczynki Godard, P. L., Semame Boggid, M., & Sotillo Palomino, F. (1981). *Geología de los Cuadrangulos de Chalhuanca, anatabamaba y Santo Tomas*. Boletín A 35 Lima-Peru.

LUIS, G. D. (2002). *Ingeniería geológica*. Madrid: Pearson.

MTC. (2000). *C.E. 020 Estabilización de Suelos y Taludes*. Lima - Peru.

MTC. (2013). *Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013*. Lima - Peru.

MTC. (2013). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. Lima - Peru.

MTC. (2016). *Manual de Ensayos de Materiales*. Lima - Peru.

MTC, & Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (s.f.). *Geología, Suelos y Capas de Revestimiento Granular*. Lima - Peru.

Ordaya Melgarejo, I. H. (2017). *Análisis de las Propiedades Físicas del Suelo*. Pozuzo, Oxapampa, Pasco.

Provias Nacional. (2011). *Análisis Funcional Transporte Terrestre*. En *Dirección General de Caminos y Ferrocarriles*.

Rivera, j. (2015). *La red vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de un país*". XVIII congreso ibero americano del asfalto 2015.

Salazar Gutierrez, E. (2016). *Estudio Geológico de la Región Apurímac*. Apurímac - Peru.



Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2020). *Climatología, Precipitaciones.*

Ugaz Palomino, R. (2006). *Estabilizacion de Suelos y su Aplicacion en el Mejoramiento de Subrasante.* Lima.

Ulate Castillo, A. (2017). *Estabilizacion de Suelos y Materiales Grabulares en Caminos de Bajo Volumen de Transito, Empleando Productos no Tradicionales.* Costa Rica.

Vásquez Concha, M. (2019). *Informe de conservación periódica – Control de calidad.*

Velarde del Castillo, A. (2014). *Aplicacion de la Metodologia de Respuesta en la Determinacion de la Resistencia a la Compresion Simple de los Suelos Arcillosos Estabilizados con Cal y Cemento.* Puno, Puno, Peru.

Wilson J. (1962). *Grupo de la Formación Yura.*

WEBGRAFIA

- <https://es.weatherspark.com/y/25185/Clima-promedio-en-Challhuahuacho-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- https://www.weather-atlas.com/es/peru/cusco-clima#humidity_relative
- www.wikipedia.org
- www.repositorio.unap.pe



ANEXOS

Anexo 1. Ensayos de Laboratorio

- 1.1. Resumen del Estudio de Suelos Tramo III
- 1.2. Resumen del Estudio de Suelos Tramo V
- 1.3. Certificados de Ensayos de Laboratorio Suelos
- 1.4. Certificado de Ensayos de Laboratorio Canteras

Anexo 2. Panel Fotográfico

Anexo 3. Mapas