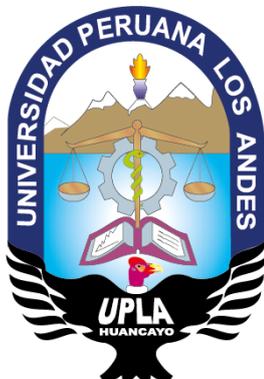


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CENIZA
NATURAL EN LOS JIRONES UNIÓN Y
PRIMERO DE MAYO DEL DISTRITO DE
VIQUES**

PRESENTADO POR:

Bach. DARLYN ROLANDO VILCA SALAZAR

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

LIMA-PERU

2020

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

PRESIDENTE

DR. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ

JURADO

PH. D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED

JURADO

MSC. JULIO CESAR LLALLICO COLCA

JURADO

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA

SECRETARIO DOCENTE

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES

DEDICATORIA:

- Se lo dedico a mis padres y mi hermosa familia que siempre tuve su apoyo incondicional, sobre todas las cosas a Dios.

ÍNDICE

DEDICATORIA:	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Formulación del problema de estudio	2
1.1.1. Problema general	2
1.1.2. Problemas específicos	2
1.2. Objetivos de la investigación	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Justificación	3
1.3.1. Justificación práctica o social	3
1.3.2. Justificación metodológica	4
1.4. Delimitaciones	4
1.4.1. Espacial	4
1.4.2. Temporal	6
1.4.3. Económica	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes	8
2.2. Marco conceptual	12
2.2.1. Elementos y fallas del pavimento	12
2.2.2. Pavimento	30
2.2.3. Descripción y características de tecnologías de pavimentación	37
2.2.4. Características tecnológicas de pavimentación	38
2.2.5. Exploración de suelos y rocas	39
2.2.6. Caracterización de la subrasante	41

2.2.7. Utilización de materiales tratados o estabilizados en pavimentos	42
2.2.8. Metodología de diseño de pavimentos	44
CAPÍTULO III	46
METODOLOGÍA	46
3.1. Método de estudio	46
3.2. Tipo de estudio	46
3.3. Nivel de estudio	47
3.4. Diseño de estudio	47
3.5. Población	47
3.6. Muestra	47
3.7. Técnicas, instrumentos de recolección de datos y procesamiento y análisis de datos	47
CAPÍTULO IV	49
DESARROLLO DEL INFORME	49
4.1. Resultados	49
4.1.1. Generalidades del Proyecto	49
4.1.2. Antecedentes	54
4.1.3. Características del proyecto	56
4.1.4. Trabajos realizados y análisis físico de la subrasante	58
4.1.5. Obtención de muestras de ceniza vegetal	64
4.1.1. Fase de gabinete	65
4.1.2. Análisis químico de la ceniza natural	69
4.1.3. Resultado específicos	73
4.1.4. Porcentaje de cal a utilizar en la mezcla (porcentaje suelo - ceniza)	82
4.2. Discusión de resultados	84
4.2.1. Características físicas de la subrasante	84
4.2.2. Características químicas de la ceniza natural	85
4.2.3. Dosificación de ceniza natural	86
4.2.4. Discusión principal que se encontró	87
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
ANEXOS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización del departamento	05
Figura 2: Localización de la provincia	06
Figura 3: Ubicación de la carretera	06
Figura 4. Cortes de Terreno Natural	13
Figura 5. Parte de Rasante de Camino	14
Figura 6. Partes de la Subrasante del Camino	14
Figura 7. Berna como parte de una calzada	15
Figura 8. Imagen de una Calzada	16
Figura 9. Imagen de superficie de rodadura	16
Figura 10. Imagen de desniveles en pavimentos	17
Figura 11. Afirmado de una base	17
Figura 12. Imagen del afirmado de una sub base	18
Figura 13. Imagen de Subdrenaje	19
Figura 14. Corrugación	20
Figura 15. Imagen de Baches en una Carretera	20
Figura 16. Imagen de Hinchamiento de un Pavimento	21
Figura 17. Imagen de Fisuramiento Longitudinal	22
Figura 18. Imagen Desmoronamiento - Intemperismo	22
Figura 19. Imagen de Depresión	23
Figura 20. Red Vial Nacional	23
Figura 21. Estabilización del suelo	26
Figura 22. Estabilización del suelo con ceniza	27
Figura 23. Diferencias entre precisión y exactitud	28
Figura 24 Imagen de tamizados por el material agregado	29

Figura 25 Imagen de Pavimento	30
Figura 26 Perfil de Suelos	39
Figura 27 Imagen de caracterización de la subrasante	40
Figura 28. Metodología de diseño de pavimentos	45
Figura 28. Mapa de Ubicación vial	53
Figura 30. Línea de la vía a estabilizar	53
Figura 31. Identificación del tramo a estabilizar	54
Figura 32. Identificación del tramo a estabilizar por la parte de ferrocarril	54
Figura 33. Ensayo de granulometría	66
Figura 34. Equipos Utilizados para el Ensayo de límites de consistencia	69
Figura 35. Compactando la muestra.....	71
Figura 36. Ensayo de penetración	73
Figura 37. Curva de la granulometría de la muestra O1	74
Figura 38. Curva granulométrica de la muestra O2	75
Figura 39. Composición química de la ceniza vegetal.....	78
Figura 40. Factores químicos que influyen par a la estabilización.....	78
Figura 41. Máxima densidad seca de la muestra O1.....	80
Figura 42. Máxima densidad seca muestra O2.....	80
Figura 43. Contenido de humedad de la muestra O1.....	81
Figura 44. Contenido de humedad de la muestra O2.....	82
Figura 45. Dosificación de ceniza natural MSD Y CBR.....	83
Figura 46. Dosificación correcta de ceniza natural	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de Proyecto	50
Tabla 2. Cuadro de áreas por progresivas.....	51
Tabla 3. Coordenadas UTM del proyecto	56
Tabla 4. Distancia por (km.) del distrito a otros lugares.....	57
Tabla 5. Detalles de la vía a construir Jr. 1° de mayo	57
Tabla 6. Detalles de la vía a construir Jr. Unión	58
Tabla 7. Cantera N° O1 (Km 2+885)	61
Tabla 8. Cantera N° O2.....	61
Tabla 9. Ubicación de calicatas	62
Tabla 10. Cantidad de muestra de suelo	62
Tabla 11. Composición de los taludes	63
Tabla 12. Cantidad de ceniza producida por los hornos de ladrillo	64
Tabla 13. Cantidad total de ceniza vegetal producida por hornos	64
Tabla 14. Ubicación de Hornos de ladrillo artesanal	65
Tabla 15. Cantidad de muestra de ceniza vegeta	65
Tabla 16. Granulometría de la muestra O1.....	73
Tabla 17. Granulometría de la muestra O2.....	74
Tabla 18. Tabla de resumen de la granulometría	75
Tabla 19. Límites de consistencia	76
Tabla 20. Clasificación (S.U.C.S.)	76
Tabla 21. Composición química de la ceniza vegetal	77
Tabla 22. Tabla de máxima densidad seca	79

Tabla 23. Tabla de máxima densidad seca de la muestra O2.....	80
Tabla 24. Contenido de Humedad de la muestra O2.....	81
Tabla 25. Contenido de humedad de la muestra O2	81
Tabla 26. C.B.R. con la dosificación de la ceniza natural	83
Tabla 27. Dosificación ideal de la ceniza natural	84

RESUMEN

El presente Informe Técnico tuvo como problema general: ¿Cuáles son los efectos en la estabilización de la subrasante al incluir ceniza natural en los jirones Unión y Primero de Mayo del distrito de Viques de la provincia de Huancayo? y el objetivo general fue: Evaluar los efectos en la estabilización de la subrasante al incluir ceniza natural para el mejoramiento de los jirones Unión y Primero de Mayo del distrito de Viques de la provincia de Huancayo.

El método general de estudio, fue el analítico – sintético, el tipo de estudio fue el aplicado de nivel descriptivo y de diseño no experimental. La población estuvo conformada por las vías de la Av. Ferrocarril tramo Concordia calle Cahuide y jirones Unión y Primero de Mayo, y para este informe se seleccionó el tramo de la vía comprendida entre los jirones Unión y Primero de Mayo.

La conclusión fundamental es que al determinar los efectos químicos que están presentes en la ceniza natural, producen la estabilización de suelos en la subrasante, específicamente con el aporte de: óxido de calcio 29.50%, óxido de silicio 26.30%, óxido de aluminio 17.00%, óxido de potasio 4.90%, y el óxido de magnesio 4.50%.

PALABRAS CLAVES: Estabilización, ceniza natural, subrasante.

ABSTRACT

The present Technical Report had as a general problem: What are the effects on the stabilization of the subgrade by including natural ash in the Unión and Primero de Mayo shreds of the Viques district of Huancayo province? and the general objective was: To evaluate the effects on the stabilization of the subgrade by including natural ash for the improvement of the Unión and Primero de Mayo shreds of the Viques district of the Huancayo province.

The general method of study was analytical - synthetic, the type of study was the applied descriptive level and non-experimental design. The population was made up of the tracks of the Av. Ferrocarril section Concordia calle Cahuide and jirones Unión and Primero de Mayo, and for this report the section of the road between the jirones Unión and Primero de Mayo was selected.

The fundamental conclusion is that when determining the chemical effects that are present in the natural ash, they produce the stabilization of soils in the subgrade, specifically with the contribution of: calcium oxide 29.50%, silicon oxide 26.30%, aluminum oxide 17.00%, potassium oxide 4.90%, and magnesium oxide 4.50%.

KEYWORDS: Stabilization, natural ash, subscratch.

INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico se realizó durante el proceso “Estabilización de la subrasante con la inclusión de ceniza natural para el mejoramiento de las vías de la Av. Ferrocarril tramo Concordia calle Cahuide y jirones Unión y Primero de Mayo, ubicado en el distrito de Viques, provincia de Huancayo, departamento de Junín. Específicamente se realizó en el tramo de vía comprendida entre los jirones Unión y Primero de Mayo.

El mejoramiento de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de un estrato de suelo se realiza a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o artificiales. Las estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o deficiente, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos.

La estabilización de suelos consiste en mejorar la resistencia y durabilidad ante cargas constantes de vehículos, especialmente vehículos pesados. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el tipo de aplicación del estabilizante, es seguido de un trabajo de compactación. De esta manera, debe destacarse que es necesario realizar ensayos de laboratorio, que garanticen un trabajo eficiente.

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

Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, en este capítulo se formula el problema de estudio: general y específico, los objetivos de investigación: general y específico, justificación: práctica ó social y metodológica, delimitaciones: espacial, temporal y económica.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO, en este capítulo se presenta la información correspondiente el marco teórico basada en los antecedentes nacionales e internacionales, y el marco conceptual donde se revisa información teórica sobre la estabilización de suelos para una pavimentación.

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

Capítulo IV: DESARROLLO DEL INFORME, en este acápite se presenta los resultados del estudio y las discusiones de las mismas.

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

Bach. Darlyn Rolando Vilca Salazar

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La necesidad del mantenimiento y las mejoras de las vías de comunicación para los países en desarrollo es indispensable. En el distrito de Viques de la provincia de Huancayo y en general en todo el Perú, es práctica común que las vías se encuentren a un nivel de afirmado, una vez construidos son olvidados y abandonados a su suerte.

En nuestro país, los procesos constructivos y su control de calidad de las estabilizaciones de suelos influyen significativamente en el rendimiento estructural del pavimento ya sea en las vías departamentales, locales y vecinales. Para ello es fundamental realizar el correcto control de calidad de los materiales a utilizar para las estabilizaciones de suelos.

En nuestra realidad local de la provincia de Huancayo, las vías interdistritales necesitan de un modelo de conservación y mantenimiento debido a que el tránsito peatonal y vehicular requieren la aplicación de normas técnicas que guarden concordancia con la serviciabilidad que lo requieran, para disminuir el índice de accidentes que se incrementaran, todo esto al no realizarse un estudio para la conservación eficiente de la capa de rodadura.

Si bien es cierto la capa de rodadura presenta fallas que se les puede atribuir a diferentes factores tales como calidad de material, deficiente estructura de pavimento, falencia en los procedimientos de tendido, entre otros.

Debido a las necesidades de realizar estabilizaciones de suelo surge la necesidad de aportar con el presente Informe Técnico todo lo concerniente al proceso de mejoramiento de suelos. Por todo esto descrito, por esta razón se formula la siguiente interrogante para el presente informe de título “Estabilización de la subrasante con la inclusión de ceniza natural para el mejoramiento de los jirones Unión y Primero de Mayo del distrito de Viques de la Provincia de Huancayo”, el mismo que tiene por finalidad obtener qué la relación existe mediante la aplicación de la cal para la mejora de la subrasante.

1.1. Formulación del problema de estudio

1.1.1. Problema general

¿Qué características físicas tiene la subrasante en la estabilización de suelos al incluir ceniza natural en los jirones Unión y Primero de Mayo del distrito de Viques de la provincia de Huancayo?

1.1.2. Problemas específicos

a) ¿Cuáles son las características físicas de la subrasante?

b) ¿Cuáles son las características químicas de la ceniza natural para emplearlo como estabilizante de la subrasante?

c) ¿Qué dosificación de ceniza natural es la correcta, para estabilizar la subrasante?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Evaluar los efectos en la estabilización de suelos al incluir ceniza natural en los jirones Unión y Primero de Mayo del distrito de Viques de la provincia de Huancayo.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Identificar las características físicas de la subrasante

- b) Determinar las características químicas de la ceniza natural para emplearlo como estabilizante de la subrasante

- c) Establecer la dosificación correcta de ceniza natural, para estabilizar la subrasante.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación práctica o social

La utilización de componentes que ayuden a la mejora del afirmado de las vías del territorio peruano, donde principalmente existe la presencia de suelos que son ideales que tengan una alta plasticidad y en consecuencia también reduce la degradación de las vías y la dificultad de la utilización de maquinaria, se puede observar en las vías así como las carreteras del distrito la Viques existe una presencia notable de limos con un alto índice de plasticidad e hinchamiento en casi toda la superficie de rodadura, lo cual amerita y justifica la necesidad de mejorar el afirmado de las vías de tránsito vehicular en donde existan similitudes a lo largo del territorio Peruano, el presente Informe Técnico, mostrara una

alternativa de solución rápida y económica. Del mismo modo aportará conocimientos para resolver las deficiencias en los pavimentos, mediante la estabilización de suelos con la incorporación de ceniza natural, el cual servirá para mejorar las propiedades físicas mecánicas de la subrasante, de la vía en estudio.

Así mismo con la ejecución de este proyecto se benefició económica y socialmente a la población del distrito de Viques.

1.3.2. Justificación metodológica

Los resultados evaluados durante la estabilización de la subrasante garantizan el buen comportamiento estructural del mejoramiento de la vía, sirviendo de aporte a investigaciones futuras, de tal forma que se incentivará su aplicación en otras obras de igual característica y envergadura, con la finalidad de mejorar los procesos constructivos de los pavimentos, que consideramos como apreciaciones válidas para proyectos similares y en escenarios diferentes.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

Este informe técnico ha sido desarrollado durante la ejecución de la “Estabilización de la subrasante con la inclusión de ceniza natural en los jirones Unión y Primero de Mayo, ubicado en el departamento de Junín, provincia de Huancayo y distrito de Viques. La longitud del proyecto es de 34+530 km.

Figura 01: Localización del departamento



Figura 02: Localización de la provincia



Figura 03: Ubicación



Geográficamente el desarrollo del proyecto tiene la siguiente delimitación geográfica

- Por el Norte : con el barrio de Colpa y Huayucachi
- Por el Sur : con el distrito de Huacrapuquio
- Por el Este : límite de propiedad privada
- Por el Oeste : límite de propiedad privada

1.4.2. Temporal

El Informe Técnico se efectuó durante el periodo del 02 de marzo del 2019 al 30 de abril del 2019, con una duración de 45 días, donde se realizaron los trabajos de campo y de gabinete.

1.4.3. Económica

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

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Antecedentes nacionales

- **(Vega, 2017)** Universidad de Piura “Experiencia de Estabilización de Suelos arcillosos con cal y arena Eólica en la ciudad de Piura”, para la obtención del título profesional de Ingeniera Civil, la presente tesis contiene que los suelos arcillosos son un problema desde el punto de vista vial, el problema radica que estos suelos tienen baja capacidad portante, alta plasticidad, son expansivos y difíciles de compactar por su elevada compresibilidad, estos suelos de baja capacidad portante varían su volumen con los cambios de humedad por lo que en épocas de lluvia existen muchas dificultades para su tránsito vehicular. Las técnicas de estabilización de suelos nos brindan la posibilidad de recuperar suelos marginales, deformables, altamente plásticos y de bajo valor de soporte. Asimismo, se puede agregar cohesión a suelos granulares resistentes pero inestables, su trabajo pretende alcanzarnos las técnicas de estabilización de la subrasante arcillosa en el diseño de los pavimentos del futuro terminal terrestre de Piura.

- **(Ravilla, 2016)** Universidad Nacional de Ingeniería “Universidad Nacional de Ingeniería” para la obtención del título profesional de ingeniería civil la

presente investigación se Donde estudiara el comportamiento de la ceniza volante obtenida de la combustión del carbón en una central termo eléctrica, para ser usada como aditivo estabilizante de suelos arcillosos y su empleo como capa de subrasante para un pavimento. La investigación concluye: que la aplicación de la ceniza volante en la arcilla funciona como estabilizador mejorando las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante. Las cenizas volantes funcionan como aditivo que reducen las propiedades expansivas del material, pero este requiere ser adicionado en de 20%. El ensayo de Difracción de Rayos X, muestra que el suelo arcilloso y la ceniza volante están constituidos principalmente por Cuarzo (SiO_2). En el ensayo CBR la mezcla aumento su resistencia en un 9% con la proporción de 20% de ceniza volante y 80% de arcilla. La mezcla de arcilla con ceniza volante, de acuerdo a los resultados del ensayo próctor modificado, presenta mayor grado de compactación que aquella sin ceniza volante. El CBR al 100% de la MDS, aumento considerablemente de 8.3% a 17.3% adicionándole la ceniza volante en la proporción de 20 %. A pesar que el suelo investigado no cumple con las especificaciones técnicas para ser usado como subrasante de carreteras, se logró que con la adición de ceniza volante en la proporción adecuada finalmente se tenga altos porcentajes de CBR y puede ser usado. La adición de ceniza volante en la muestra de arcilla disminuye los efectos de expansión, gravedad específica, plasticidad y humedad de la arcilla.

2.1.2 Antecedentes internacionales

- **(Valentín, 2015)** de la Universidad Nacional Autónoma de México de la ciudad de Guadalajara, México presenta la tesis "Estudió el tratamiento de suelos con Cal", tesis que para obtener el título de ingeniero civil en este trabajo describe que los tratamientos de suelos arcillosos con cal permiten su utilización, evitando los mayores costos y afectaciones ambientales, que supondría su retirada y posterior reemplazamiento por otros suelos de mejores características geotécnicas y mecánicas. Por ello es que el objetivo primordial de este trabajo es mostrar algunos de los usos de estos sistemas en los diferentes campos de acción de la ingeniería civil. Esperando lograr el interés de una mayor población de estos profesionistas mostrando que

los sistemas de información geográfica pueden ser una muy buena alternativa en la generación de soluciones.

- **(Palacios, 2016)** de la Universidad San Francisco De Quito Colegio de Ciencias e Ingeniería de la ciudad de Quito, Ecuador, presenta la tesis “Estudios y Tratamientos para Estabilizaciones del Suelo – Estado de Arte”, Tesis para obtener el grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero en civil, en este trabajo muestra donde analiza y expone el estado del arte de las técnicas de tratamientos y estabilizaciones de suelos con cal y cemento en Quito. En la construcción de carreteras y cualquier otra que requiera grandes explanaciones, es fundamental minimizar y compensar al máximo posible el movimiento de tierras y materiales debido a consideraciones de tipo económico, ambiental y técnico. Las técnicas de estabilización de suelos contribuyen de forma clara a la competitividad y sostenibilidad de la ingeniería de firmas de carreteras. En nuestra actividad se hace necesaria, no sólo la utilización de todos los materiales que se encuentran directamente en la traza de las propias obras, sean cuales sean sus propiedades sino, además, la reutilización de los distintos tipos de residuos que, encontrándose en zonas próximas a las obras, sean susceptibles de ser empleados.

- **(Córdoba, 2017)** de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de la Facultad Tecnológica De Ingeniería En Telemática presenta la tesis “Propuesta de la alternativa de mantenimiento de carreteras y puentes, a partir de la contratación por niveles de servicio”, para optar al título de Ingeniero en civil, contiene los resultados de la investigación sobre la conservación de carreteras y puentes por niveles de servicio, estos proyectos constituyen una nueva modalidad de contrato en la cual se traslada la responsabilidad total de los trabajos y su mantenimiento al contratista. Otro estudio en la ciudad de Medellín, Colombia en el año 2017, trata sobre estabilización de suelos arcillosos con cemento y cal en el mantenimiento de la carretera central tramo Antioquia Bogotá y Cartagena

el presente trabajo contiene tópicos de tratamientos tierra cemento y tierra cal de subbases para pavimentos flexibles sobre arcillosos.

- **(Castro, 2015)** Pontificia Universidad Católica de Chile “Estudio del comportamiento de suelos potencialmente expansivos en zonas forestales estabilizados con cenizas FBC”, para obtener el título de Ingeniero Civil, esta investigación muestra de cómo objetivo: investigar el comportamiento de material potencialmente expansivo estabilizado con cenizas FBC. La investigación se limita a los suelos forestales de la VIII Región de Chile y a las cenizas obtenidas de la planta co-generadora eléctrica Petropower ubicada en las instalaciones de ENAP Bío-Bío. La investigación concluye que las cenizas FBC presentan características que la convierten en un estabilizador con un alto potencial autocementante, debido a que está compuesto por más de un 20% de cal libre, y tiene componentes puzolánico, como la sílice; la respuesta que presentan los suelos granulares estabilizados con cenizas FBC, según la experiencia nacional e internacional son óptimas, aumentando considerablemente su resistencia y sin presentar mayores problemas de expansión. En cuanto a las propiedades, la adición de ceniza FBC disminuye el Índice de plasticidad de los suelos tratados; mejora la trabajabilidad de los suelos, logrando que los suelos finos puedan presentar mejores características para ser usados en construcciones de vías. En cuanto a las estabilizaciones realizadas con material granular, los resultados no fueron muy representativos.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Elementos y fallas del pavimento

2.2.1.1. Explanación

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.25) “Se denomina explanación al movimiento de tierras conformado por cortes y rellenos, para obtener la plataforma de la carretera”.

2.2.1.2. Terraplén

Según lo que nos manifiesta (Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras, 2015, p.120) dice que “El terraplén es la parte de la explanación situada sobre el terreno preparado. También se le conoce como relleno”.

2.2.1.3. Altimetría

Según lo que dice (Mendoza, 2011, p. 136) menciona que “Es el conjunto de operaciones, métodos y procedimientos necesarios para definir y representar, numérica o gráficamente, el relieve del terreno con el fin de determinar las cotas de los diferentes puntos del terreno, con respecto al plano horizontal de comparación”.

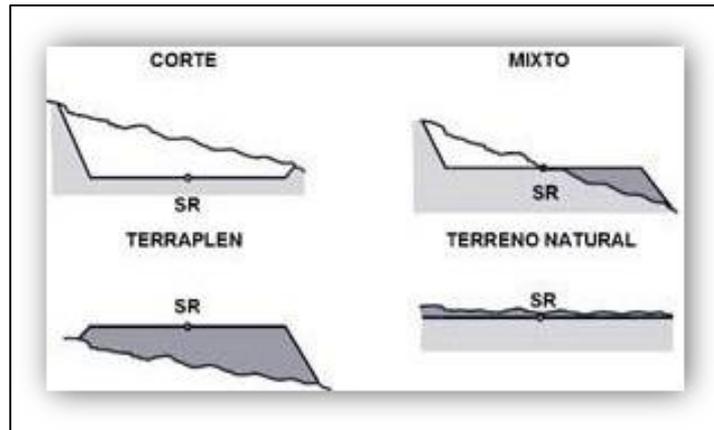
2.2.1.4. Altitud

Según lo que manifiesta (Muñoz, 2015, p. 123) menciona que “Es la distancia vertical de un origen determinado a un punto superficial del terreno (sobre el elipsoide o geoide), considerado como nivel cero, para el que se suele tomar el nivel medio del mar”.

2.2.1.5. Corte

Para (Ibáñez, 2012, p.78) expresa que “El corte es la parte de la explanación constituida por la excavación del terreno natural hasta alcanzar el nivel de la subrasante”.

Figura 4. Cortes de Terreno Natural



Fuente: “Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales

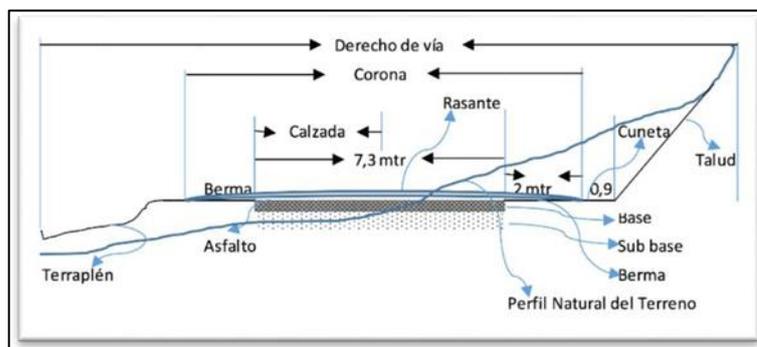
2.2.1.6. Altura

Para (Mendoza, 2011, p.42) la altura “Es la distancia vertical respecto a un plano arbitrariamente tomado como superficie de nivel, o respecto a una superficie curva real o imaginaria elegida como superficie de referencia”, de la misma manera para (Muñoz, 2015, p.23) la altura es la “vertical entre el plano horizontal del observador y un punto elevado”.

2.2.1.7. Rasante del camino

Según (Ibáñez, 2012, p.89) es el “Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía”.

Figura 5. Parte de Rasante de Camino

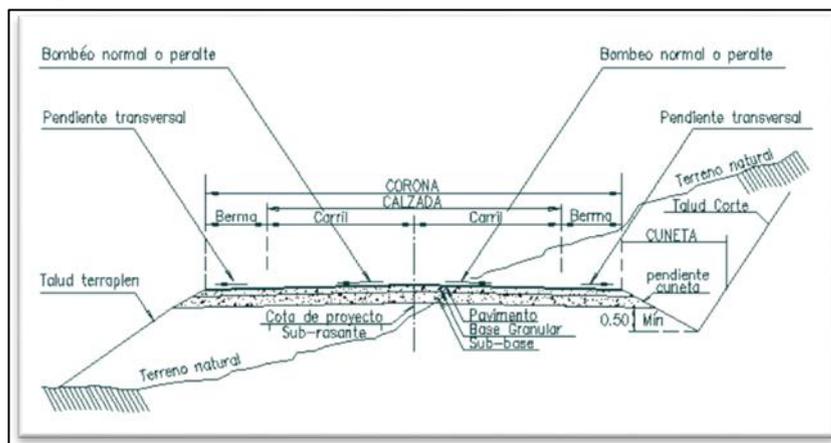


Fuente: “Diseño Geométrico de Rasante de camino” (Cárdenas, Fundamentos de vías de comunicación y Carreteras, 2014).

2.2.1.8. Subrasante del camino

Según (Ibáñez, 2012, p.101) “La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado”.

Figura 6. Partes de la Subrasante del Camino

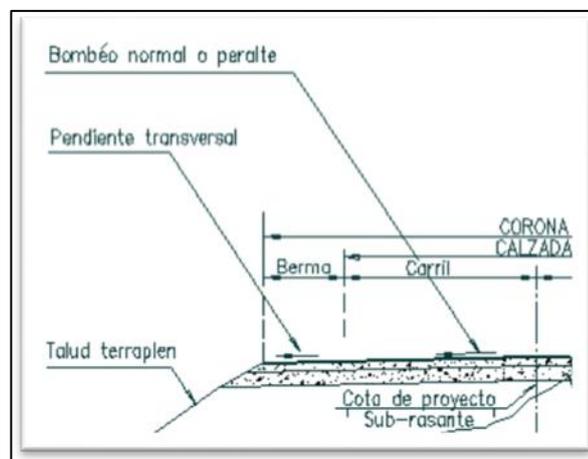


Fuente: “Diseño Geométrico de Carreteras” (Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras, 2015, p.208)

2.2.1.9. Berma

Según (Ibáñez, 2012) la “Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para el estacionamiento de vehículos en caso de emergencia”.

Figura 7. Berma como parte de una calzada



Fuente: “Diseño Geométrico de Carreteras” (Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras, 2015, p.208)

Según reglamentado en el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.96) nos expone que “Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito”.

2.2.1.10. Calzada

Según (Ibáñez, 2012, p.86) es la “Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito”.

Figura 8. Imagen de una Calzada



Fuente: (Cárdenas, Fundamentos de vías de comunicación y Carreteras, 2014)

2.2.1.11. Superficie de Rodadura

Según (Ibáñez, 2012, p.26) manifiesta que “Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma”.

Figura 9. Imagen de superficie de rodadura



Fuente: (Cárdenas, Fundamentos de vías de comunicación y Carreteras, 2014)

2.2.1.12. Desniveles Localizados

Según (Ibáñez, 2012, p.56) dice que “Pequeños desplazamientos hacia arriba o hacia debajo de la superficie del pavimento”.

Figura 10. Imagen de desniveles en pavimentos



Fuente: (Cárdenas, Fundamentos de vías de comunicación y Carreteras, 2014)

2.2.1.13. Base

Según (Ibáñez, 2012, p.56) expresa en su libro que “Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños”.

Figura 11. Afirmado de una base



Fuente: (Cárdenas, Fundamentos de vías de comunicación y Carreteras, 2014)

2.2.1.14. Sub-Base

Para (Ibáñez, 2012) en su libro dice que es “Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de base”

Figura 12. Imagen del afirmado de una sub base



Fuente: Cárdenas, Fundamentos de vías de comunicación y Carreteras, 2014)

2.2.1.15. Exudación

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.132) es la “Película de material bituminoso sobre el pavimento que crea una textura vidriosa, brillante y bastante pegajosa y resbaladiza, en condiciones húmedas”.

2.2.1.16. Afirmado:

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.88) describe que es “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”.

2.2.1.17. Subdrenaje

Según lo manifestado por (Ibáñez, 2012, p.75) dice que la Subdrenaje es “Obra de drenaje que tiene por finalidad deprimir la capa freática que afecta la vía por efectos de capilaridad”.

Figura 13. Imagen de Subdrenaje



Tomando de (Cárdenas, Fundamentos de vías de comunicación y Carreteras, 2014)”

2.2.1.18. Corrugación

Según expresado por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007) es un conjunto de “Series de pequeñas acanaladuras espaciadas a intervalos regulares, generalmente menores a 3m”

Figura 14. Corrugación



Fuente: “diseño de carreteras” curso virtual (2015)

2.2.1.19. Baches

Según lo expresado por (Ibáñez, 2012, p.101) “Huecos en la superficie de hasta 1m de diámetro”.

Figura 15. Imagen de Baches en una Carretera



Fuente: “diseño de carreteras” curso virtual (2015)

2.2.1.20. Hinchamiento

Según la establecido por la normatividad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.99) “Bombeo hacia arriba en la superficie del pavimento”.

Figura 16. Imagen de Hinchamiento de un Pavimento



Fuente: “diseño de carreteras” curso virtual (2015)

2.2.1.21. Depresión

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.26) expresa que “Zonas localizadas del pavimento con niveles inferiores a las zonas adyacentes”.

2.2.1.22. Elementos viales

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.59) dice que es más una “Superficie de rodadura, bermas y/o franjas laterales, puentes, túneles, obras de arte y drenaje, señalización, elementos de seguridad vial, entorno, medio ambiente y otros”.

2.2.1.23. Fisuramiento Longitudinal

Según lo expresado con las palabras de (Ibáñez, 2012, p.58) “Fisuras longitudinales paralelas al eje de la carretera, debidas a fallas en la junta, contracción o endurecimiento del asfalto”.

Figura 17. Imagen de Fisuramiento Longitudinal



Fuente: “diseño de carreteras” curso virtual (2015).

2.2.1.24. Desmoronamiento-Intemperismo

Según lo expuesto por (Ibáñez, 2012, p.115) dice que “Desgaste de la superficie por pérdida del ligante asfáltico y la disgregación de las partículas pétreas”.

Figura 18. Imagen Desmoronamiento - Intemperismo



Fuente: “diseño de carreteras” curso virtual (2015)

2.2.1.25. Depresión

Según (Hernández, 2014, p.66) “Zonas localizadas del pavimento con niveles inferiores a los de las zonas adyacentes”.

Figura 19. Imagen de Depresión



Fuente: “diseño de carreteras “curso virtual (2015)

2.2.1.26. Red vial nacional

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007) dice que es el “Constituida por la red de carreteras de las categorías primaria, pavimentadas y no pavimentadas, clasificadas según el Decreto Supremo No 034-2007- MTC y sus modificatorias”.

Figura 20. Red Vial Nacional



Fuente: “red vial del Perú” curso virtual (2015)

2.2.1.27. Red vial vecinal

Según lo que manifiesta el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.42) “Son carreteras en el ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia y las capitales de distrito con los centros poblados”.

2.2.1.28. Transitabilidad

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.76), dice es la “Condición física de la vía que permite la circulación vehicular”.

2.2.1.29. Vía

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.86) manifiesta que es “Una carretera o camino existente en el territorio nacional, cualquiera sea el estado en que se encuentre, que está destinado al uso público y en especial al tránsito vehicular”.

2.2.1.30. Estabilización de Suelos

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.190) dice que “Es el mejoramiento de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de un estrato de suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o artificiales.

Las estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o deficiente, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos. La estabilización de suelos consiste en mejorar la

resistencia y durabilidad ante cargas las cargas constantes de vehículos, especialmente vehículos pesados. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes.

Cualquiera sea el tipo de aplicación del estabilizante, es seguido de un trabajo de compactación. Sin embargo, debe destacarse que es necesario realizar ensayos de laboratorio, que garanticen un trabajo eficiente. Además, se debe garantizar que la ejecución de la obra vial debe realizarse de forma segura, con el equipo adecuado”.

2.2.1.31. Criterios para establecer la estabilización

Según lo que manifiesta el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.77) “Se consideran como materiales óptimos para las capas de la subrasante suelos con CBR \geq 6%.

En caso de ser menor es considerada como inadecuada, o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas como arenas y limos, será materia de un estudio realizando ensayos de laboratorio para determinar la estabilización, mejoramiento o reemplazando el material de subrasante, el ingeniero analizará diversas opciones de estabilización, dentro de ellos considerara: estabilización mecánica.

Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con productos químicos, con el único fin que mejoran las propiedades del estrato de suelo”.

Figura 21. Estabilización del suelo



Fuente: “red vial del Perú” curso virtual (2015)

2.2.1.32. Cenizas volantes

Según lo manifestado por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.26) “Se caracterizan por su bajo contenido de cal y alto contenido de sílice, se pueden utilizar como aditivo estabilizador para suelos, para tal fin es necesario la adición de un agente activador rico en cal.

El agente activador provee la cal necesaria para que se produzca la reacción puzolánica, mientras que la ceniza provee los compuestos puzolánicos, sílice y alúmina. Es así como las mezclas cal - ceniza volante pueden ser usadas para estabilizar suelos gruesos, suelos arcillosos y suelos arenosos.

Las cenizas provenientes de la quema de madera, tienen un punto de fusión entre 1300-1400 °C, por tal motivo se los denomina biocombustibles, su densidad es 1,3 T/m³, y su color es grisáceo”.

Figura 22. Estabilización del suelo con ceniza



Fuente: “Geodesia y su Relación Con La Vida” curso virtual (2013)

2.2.1.33. Cenizas FBC (fluidized bed combustiton)

Según lo descrito por el ingeniero (Mendoza, 2011, p.17) dice que es la “Se diferencian de las cenizas volantes comunes, principalmente en su contenido de cal, lo que las hace útiles para mejorar suelos finos arcillosos. La adición de ceniza FBC volante, puede aumentar de 2 a 3 veces la resistencia a la compresión no confinada del suelo, y mejorar su estabilidad bajo agua”.

2.2.1.34. CBR (Ensayo de Relación de Soporte de California)

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

2.2.1.35. Bituminoso

Según lo dispuesto por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007) “Son materiales bituminosos son sustancias de color negro, sólidas o viscosas, adaptable, que se ablandan por el calor y comprenden aquellos cuyo origen son los crudos petrolíferos como también los obtenidos por la destilación destructiva de sustancias de origen carbonoso”.

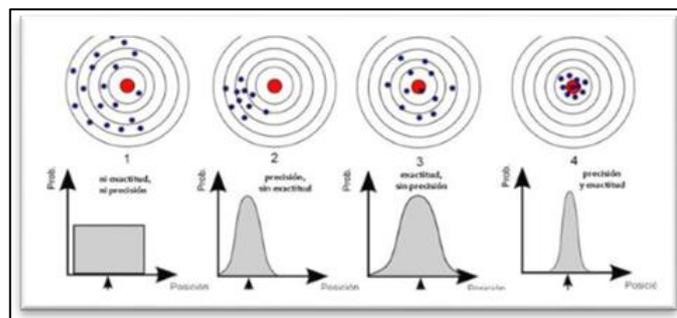
2.2.1.36. Esfuerzos

Según lo dispuesto por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.56) “Procesamiento de datos obtenidos en el terreno después de la observación GNSS”.

2.2.1.37. Precisión

Según lo fundamentado por (Mendoza, 2011, p.55) viene a resultar el “Son las fuerzas internas, ocasionados por las cargas, sometidas a un elemento resistente. Los esfuerzos pueden ser: esfuerzos compuestos y esfuerzos variables”.

Figura 23. Diferencias entre precisión y exactitud



Fuente: “rincón de la ciencia” www.e-medida.es/documentos/Numero-1/exactitud-no-es-lo-mismo-que-precision.htm

2.2.1.38. Granulometría

Según lo expresado por (Ibáñez, 2012, p.102) viene a ser “Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se define con el análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre, aberturas cuadradas, según se especifica en la norma”.

Figura 24 Imagen de tamizados por el material agregado



Fuente: “mecánica de suelos” [digital]

<https://www.slideshare.net/kENnYpreZide/08-exposicion-ign-2013-ii>
página/49

2.2.1.39. Rinex

Según lo establecido por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.54) es el “Acrónimo de Receiver Independent Exchange Format, es el formato universal de

intercambio entre receptores independientes. Fichero ASCII con información legible por cualquier software de diferentes marcas”.

2.2.2. Pavimento

Según lo fundamentado por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007, p.106) “Es un elemento de varios recubrimientos construida sobre la subrasante, estas capas permiten al pavimento soportar y distribuir esfuerzos que son originados por los vehículos para mejorar las condiciones de seguridad y comodidad en el tránsito”.

Figura 25 Imagen de Pavimento



Tomado de “manual de pavimentos” [digital]

<https://mundogeo.com/blog/2000/01/01/la-emigracion-de-los-sistemas-de-referencia-clasicos-al-sirgas-2000/pagina-26>

2.2.2.1. Capa de rodadura del pavimento

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.

2.2.2.2. Base del pavimento

Es la capa inferior a la capa de rodadura, que sostiene, distribuye y transmite las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR > 80%) o será tratada con asfalto, cal o cemento.

2.2.2.3. Subbase del pavimento

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 (CBR > 40%) o tratada con asfalto, cal o cemento.

2.2.2.4. Clasificación de caminos por tipo de superficie de rodadura

El Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos, aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, mediante Resolución Directoral N. 10-2014- MTC/14, de fecha 09 abril 2014, define los siguientes tipos de caminos: no pavimentado y pavimentado.

a) Caminos con superficie de rodadura no pavimentada

Este grupo de caminos está conformado por:

- **Caminos de tierra:** Constituidos por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.
- **Caminos de grava:** Constituidos por una capa de revestimiento con material natural pétreo, seleccionados

manualmente o por zarandeo de tamaño máximo de 75 mm.

- **Caminos afirmados:** Constituidos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificados naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuestos por una combinación apropiada de tres tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo de 25 mm.
- **Caminos afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:** Afirmados con grava tratada con materiales como asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.

b) Caminos pavimentados

Los caminos identificados como pavimentados están constituidos por una superficie de rodadura del tipo:

- Pavimentos flexibles: Compuestos por capas granulares (subbase y base drenante) y una superficie de rodadura bituminosa en frío como tratamiento superficial bicapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, macadam asfáltico, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc. compuestos por capas granulares (subbase y base drenante) y una capa de rodadura bituminosa de mezcla asfáltica en caliente de espesor variable, según sea necesario.
- Pavimentos semirrígidos: Conformados con capas asfálticas (base asfáltica y carpeta asfáltica en caliente); también se considera como pavimento semirrígido, la estructura compuesta por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con cemento o base tratada con cal.

Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido, también, los pavimentos adoquinados.

- Pavimentos rígidos: Conformados por losa de concreto de cemento hidráulico y una subbase granular para uniformizar las características de cimentación de la losa.

2.2.2.5. Caminos con pavimentos económicos

Aunque la normatividad actual no define explícitamente el concepto de pavimento económico, esta se refiere a alternativas técnicas, económicas y ambientales, que consisten principalmente en la aplicación de estabilizadores de suelos, recubrimientos bituminosos y otros, posibilitando que las capas de rodadura de las carreteras no pavimentadas, tengan una mayor vida útil y presten un mejor nivel de servicio. En este tipo de soluciones se pueden presentar los siguientes casos:

- Caminos afirmados estabilizados sin recubrimiento: Caminos a nivel de superficie de rodadura compuestos por afirmados estabilizados con productos químicos o caminos a nivel de superficie de rodadura con suelos estabilizados.
- Caminos afirmados estabilizados con recubrimiento: Caminos a nivel de superficie de rodadura compuestos por afirmados o suelos estabilizados con productos químicos, con una capa de protección bituminosa.
- Caminos con soluciones básicas pavimentadas: Caminos con pavimentos compuestos por capas granulares y base estabilizada, con una superficie de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial monocapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc.

2.2.2.6. Estabilización química de suelos

La estabilización química de suelos es una tecnología de amplia data, que se basa en la aplicación de un producto químico, el cual se mezcla íntima y homogéneamente con el suelo a tratar, de acuerdo a especificaciones técnicas propias del producto. La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales y sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general, se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidos como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. Estabilizar un suelo natural consiste en mejorar sus características físicas y/o mecánicas, tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros, buscando en todos los casos un buen comportamiento ante el esfuerzo y deformación de los suelos y de la estructura que se coloque sobre ellos, a lo largo de su vida útil. También se emplea para estabilizar una subbase, base o material granular, para obtener un material de mejor calidad, denominándose subbase, base o material granular tratado o estabilizado. 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. Como se mencionó, el concepto de estabilización también se aplica sobre una subbase, base o material granular, que aun cumpliendo la condición de tener un determinado valor de CBR, se estabilizara para obtener un material de mejor calidad con un menor espesor de capa. Por lo general, la aplicación de este criterio es para los caminos donde

se presente un considerable tráfico pesado o incluso en sectores con tráfico menor, pero cuyas condiciones ameriten su ejecución como, por ejemplo, escasez o cuando no se disponen de materiales de subbase o base, elevados costos de transporte y tratamiento de chancado para la base, etc. Existen diferentes metodologías de estabilización, sin embargo, debe destacarse la significación que adquiere contar con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos constructivos de prueba 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.

2.2.2.7. Consideraciones generales a tener en cuenta en la selección de alternativas de pavimentación

El Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones mediante Resolución Directoral N. 10-2014- MTC/14, de fecha 09 abril 2014, establece como ámbito de aplicación:

- 1.- Las carreteras del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), que se jerarquiza en las siguientes tres redes viales: red vial nacional, red departamental o regional, vecinal o rural.
- 2.- En diseño de nuevas carreteras y de mejoramientos de carreteras.
- 3.- En proyectos de reconstrucción de carreteras.
- 4.- En proyectos de refuerzos de pavimentos.

La sección de Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras se ha elaborado para proporcionar a los ingenieros que trabajan tanto en el sector público como en el privado, criterios homogéneos en materia de suelos y pavimentos para ser utilizados en estudios y proyectos de caminos y carreteras del

país, tanto para caminos no pavimentados como para caminos pavimentados, de bajo, medio y alto volumen de tránsito.

a) Carreteras no pavimentadas: El manual denomina carreteras no pavimentadas a aquellas con revestimiento granular en sus capas superiores y superficie de rodadura (afirmado), las cuales corresponden generalmente a carreteras de bajo volumen de tránsito y un número de repeticiones de ejes equivalentes de hasta 300,000 EE en un periodo de diez años.

b) Carreteras pavimentadas: El manual denomina carreteras pavimentadas a los pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos y pavimentos rígidos. Los caminos o carreteras pavimentados con pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos, están clasificados en quince (15) rangos de número de repeticiones de EE en el carril y periodo de diseño, desde 75,000 EE hasta 30'000,000 EE. Los caminos o carreteras pavimentados se consideran de bajo volumen de tránsito si el número de repeticiones de EE está comprendido en el rango de 150,001 hasta 1'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Un aspecto que debe tomarse en cuenta en los estudios y proyectos, es que las soluciones a considerarse son para tráficos menores a 1,100 vehículos pesados (buses y camiones) en ambos sentidos por día en el año base o menor a 30'000,000 de ejes equivalentes (para 20 años en el carril de diseño); para los tráficos mayores a los indicados, y por el alto costo que seguramente implicara la estructura del pavimento, el ingeniero responsable efectuara un estudio específico para el diseño del pavimento, con análisis de alternativa de pavimento (flexible, semirrígido y rígido), verificación del comportamiento de las diferentes alternativas de estructura de pavimento, durante el periodo de análisis y selección de la alternativa óptima desde el punto de vista técnico - económico.

Para que se apoye la estructura de la carretera no pavimentada o pavimentada, se requiere que los últimos 0.60 m. de la capa de suelos debajo del nivel de la subrasante tenga un CBR \geq 6%. Si los suelos no cumplen esta condición por tratarse de suelos de mala calidad, CBR<6%, es decir, suelos blandos o muy compresibles o con materia orgánica o suelos pobres e inadecuados, el ingeniero responsable considerara la estabilización, mejora o refuerzo de los suelos, según la naturaleza de los ismos, efectuando estudios geotécnicos de estabilidad y de asentamientos. Mediante estos estudios el mencionado ingeniero sustentara la solución adoptada precisando en su informe técnico que el suelo alcanzara estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad.

Recomendándose para la ejecución de los mencionados estudios, la participación de profesionales especializados en esta materia, que apliquen un criterio amplio, que permita el conocimiento de las propiedades del suelo de cimentación y de acuerdo a ello proponer alternativas de solución, seleccionando la alternativa optima y justificando la solución adoptada.

2.2.3. Descripción y características de tecnologías de pavimentación

2.2.3.1. Carreteras no pavimentadas:

El Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones mediante Resolución Directoral N. 10-2014- MTC/14, de fecha 09 abril 2014, establece como ámbito de aplicación:

a) Caminos de tierra: constituidos por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.

b) Caminos de grava: constituidos por una capa de revestimiento con material natural pétreo, seleccionado manualmente o por zarandeo de tamaño máximo de 75mm.

c) Caminos afirmados: constituidos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificados naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo de 25mm. Los caminos afirmados comprenden los siguientes tipos:

- a.1 Afirmados con gravas naturales o zarandeadas.
- a.2 Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.

d) Caminos afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:

- a.1 Afirmados con grava tratada con materiales como asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.
- a.2 Suelos naturales estabilizados con material granular y finos ligantes, asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.

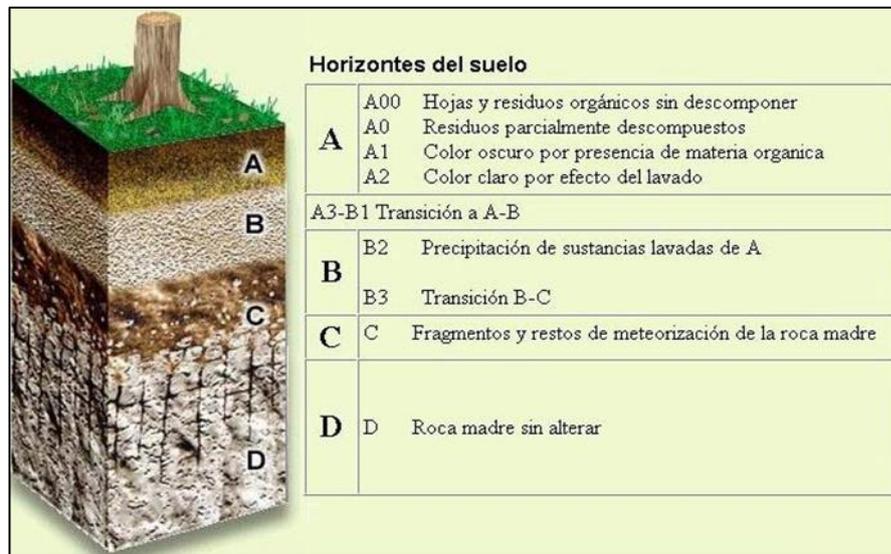
2.2.4. Características tecnológicas de pavimentación

2.2.4.1. Suelos

A continuación, se desarrollan pautas para identificar las características y la clasificación de los suelos que se utilizaran en la construcción de los pavimentos de las carreteras del Perú. La exploración e investigación del suelo es muy importante, tanto para la determinación de las características del suelo, como para

el correcto diseño de la estructura del pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aun con exigencias de precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos.

Figura 26 Perfil de Suelos



Fuente: <https://www.google.com/imgres/perfil-dl>
 Fsite//Fformaciondesuelo%2Fperfil

2.2.5. Exploración de suelos y rocas

Para la exploración de suelos y rocas primero deberá efectuarse un reconocimiento del terreno y como resultado de ello un programa de exploración e investigación de campo a lo largo de la vía y en las zonas de préstamo, para de esta manera identificar los diferentes tipos de suelos que pueden presentarse. El reconocimiento del terreno permitirá identificar los cortes naturales y/o artificiales, definir los principales estratos de suelos superficiales, delimitar las zonas en las cuales los suelos presentan características similares, asimismo identificar las zonas de riesgo o poco recomendables para emplazar el trazo de la vía. El programa de exploración e investigación de campo incluirá la ejecución de calicatas o pozos

exploratorios, cuyo espaciamiento dependerá fundamentalmente de las características de los materiales subyacentes en el trazo de la vía. Generalmente están espaciadas entre 250m. y 2,000m., pero pueden estar más próximas dependiendo de puntos singulares, como en los siguientes casos:

- Cambio de la topografía de la zona en estudio;
- Por la naturaleza de los suelos o cuando los suelos se presentan en forma errática o irregular;
- Delimitar las zonas en que se detecten suelos que se consideren pobres o inadecuados;
- Zonas que soportaran terraplenes o rellenos de altura mayor a 5.0 m.;
- Zonas donde la rasante se ubica muy próxima al terreno natural ($h < 0.6$ m.);
- Zonas de corte, donde se ubicarán los puntos de cambio de corte a terraplén o de terraplén a corte, para conocer el material a nivel de subrasante.

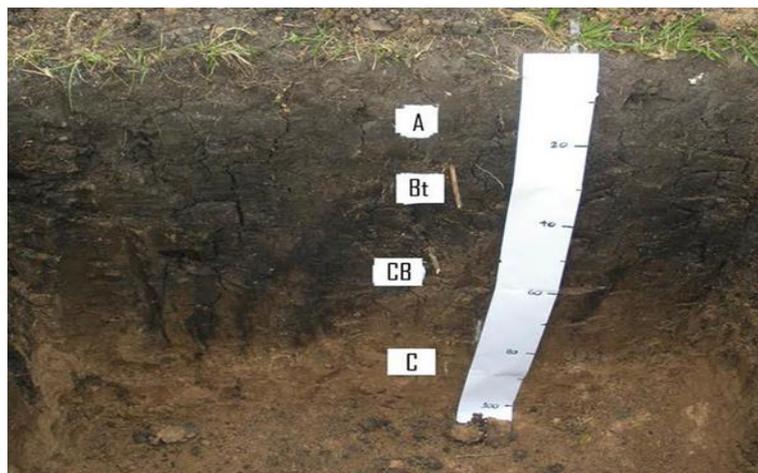
De las calicatas o pozos exploratorios deberán obtenerse de cada estrato muestras representativas en número y cantidades suficientes de suelo o de roca, o de ambos, de cada material que sea importante para el diseño y la construcción. El tamaño y tipo de la muestra requerida depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y del equipo de ensayo a ser usado. Con las muestras obtenidas en la forma descrita, se efectuaran ensayos en laboratorio y finalmente con los datos obtenidos se pasara a la fase de gabinete, para consignar en forma gráfica y escrita los resultados obtenidos, asimismo se determinara un perfil estratigráfico de los suelos (eje y bordes), debidamente acotado en un espesor no menor a 1.50 m., teniendo como nivel superior la línea de subrasante del diseño geométrico vial y debajo de ella, espesores y tipos de suelos de terraplén y los del terreno natural, con indicación de sus propiedades o características

y los parámetros básicos para el diseño de pavimentos. Para obtener el perfil estratigráfico en zonas donde existirán cortes cerrados, se efectuarán métodos geofísicos de prospección que permitirán determinar la naturaleza y características de los suelos y/o roca subyacente (según norma MTC E101).

2.2.6. Caracterización de la subrasante

Con el objeto de determinar las características físicas - mecánicas de los materiales de la subrasante se llevaran a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m. de profundidad mínima, el número mínimo de calicatas por kilómetro estará de acuerdo al cuadro abajo Las calicatas se ubicaran longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada, a distancias aproximadamente iguales; para luego, si se considera necesario, densificar la exploración en puntos singulares del trazo de la vía. Numero de calicatas para exploración de suelos.

Figura 27 Imagen de caracterización de la subrasante



Fuente: elaboración propia

2.2.7. Utilización de materiales tratados o estabilizados en pavimentos

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales y sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general, se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidos como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. También se emplea para estabilizar una subbase, base o material granular, para obtener un material de mejor calidad, denominándose subbase, base o material granular tratado o estabilizado (con cemento o con cal o con asfalto o con productos químicos, 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. Como se mencionó, el concepto de estabilización también se aplica sobre una subbase, base o material granular, que aun cumpliendo la condición de tener un determinado valor de CBR, se estabilizara para obtener un material de mejor calidad con un menor espesor de capa.

La aplicación de este criterio será para los caminos donde se presente un considerable tráfico pesado. No obstante, el consultor evaluará su aplicación aun en sectores con tráfico menor, pero cuyas condiciones ameriten su ejecución como, por ejemplo, escasez o cuando no se disponen de materiales de subbase o base, elevados costos de transporte y tratamiento de chancado para la base, etc. Existen diferentes metodologías de estabilización con cal, cemento, escorias, emulsión asfáltica, productos químicos u otros. Sin

embargo, debe destacarse la significación que adquiere contar con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos constructivos 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.

Criterios para establecer el tipo de estabilización. Para establecer un tipo de estabilización, es necesario determinar el tipo de material que se pretende estabilizar. Los factores que se consideraran al seleccionar el método más conveniente de estabilización son:

- a. Tipo de material a estabilizar.
- b. Uso propuesto del material estabilizado.
- c. Tipo de aditivo estabilizador.
- d. Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicara.
- e. Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador.
- f. Disponibilidad del equipo adecuado.
- g. Costos comparativos.

Los manuales normativos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, contemplan y especifican el uso de estabilizadores químicos, naturales o sintéticos, a través del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos, Capítulo IX Estabilización de Suelos y las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG- 2013), Capítulo III, sección 301, siendo los que se detallan a continuación:

1. Suelos estabilizados con cal.
2. Suelos estabilizados con cemento.

3. Suelos estabilizados con escoria.
4. Suelos estabilizados con sales.
 - 4.1 Suelos estabilizados con cloruro de sodio.
 - 4.2 Suelos estabilizados con cloruro de calcio.
 - 4.3 Suelos estabilizados con cloruro de magnesio.
5. Suelos estabilizados con productos químicos.
6. Estabilización con productos asfálticos.
7. Estabilización con geo sintéticos.

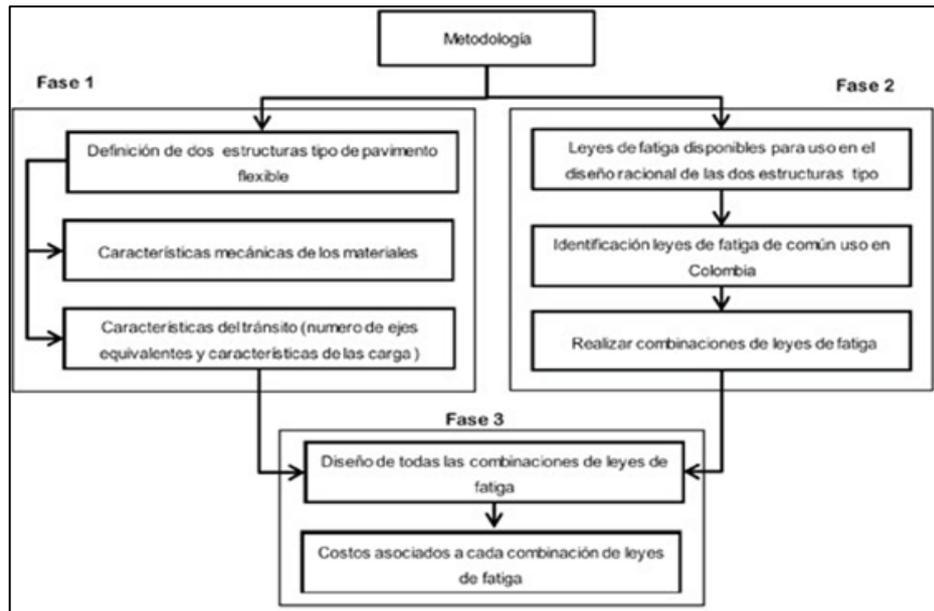
2.2.8. Metodología de diseño de pavimentos

Para fines de diseño de pavimentos (incluido las denominadas soluciones básicas o pavimentos económicos), se debe tomar en cuenta los manuales siguientes:

- Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos. Aprobado por R.D. N. 10-2014- MTC/14
- Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2013). Aprobado por R.D. N. 31- 2013-MTC/14 y R.D. N. 019-2014-MTC/14.
- Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG- 2013). Aprobado por R.D. N. 22-2013-MTC/14.
- Manual de carreteras: Ensayo de Materiales para Carreteras, aprobado por R.D. N. 028-2001-MTC/15.17. Modificatorias: MTC 1109-2004 Ensayo sobre estabilización química de suelos - caracterización del estabilizador y evaluación de propiedades de comportamiento del suelo (2004).

Cabe señalar que adicionalmente se debe considerar las directivas de la Dirección de Estudios Especiales de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Ministerio de Transportes y Caminos y Ferrocarriles con respecto a la aplicación de soluciones básicas en caminos no asfaltados.

Figura 28. Metodología de diseño de pavimentos



Fuente: [digital] www.mtcdigital.pe/metodologia.jpg

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de estudio

Este Informe Técnico se desarrolló utilizando el método analítico – sintético, con un enfoque cuantitativo. Para el efecto, se revisó bibliografía referidos al tema, conceptualizando en forma general proyectos a nivel macro y sintetizando su aplicación al caso del presente proyecto. El enfoque cuantitativo está referido a la cuantificación y validación empírica de los componentes de la ceniza natural para su utilización en el mejoramiento de la subrasante.

3.2. Tipo de estudio

El tipo de estudio fue el aplicado, ya que se basa en la aplicación de la teoría a la solución de problemas y circunstancias objetivas, para ello se utiliza los conocimientos adquiridos en los manuales del Ministerio De Transportes y Comunicaciones que determinará la evaluación de las estabilizaciones del pavimento, es decir de la teoría a la práctica.

3.3. Nivel de estudio

El nivel de estudio fue el descriptivo, dado que se buscó describir los hechos y circunstancias propias de la evaluación para la mejora de pavimentos.

3.4. Diseño de estudio

El tipo de diseño fue el no experimental, porque no se manipulo ninguna variable, es decir la ceniza natural ni menos la subrasante.

3.5. Población

La población de estudio estuvo constituida por las vías de la Av. Ferrocarril tramo Concordia calle Cahuide y jirones Unión y Primero de Mayo, ubicado en el departamento de Junín, provincia de Huancayo y distrito de Viques. Cuya extensión aproximada de 34+530 km.

3.6. Muestra

El tipo de muestreo es no aleatoria o dirigido, para efecto del presente Informe Técnico, se ha tomado un tramo de vía comprendida entre los jirones Unión y Primero de Mayo del distrito de Viques de la Provincia de Huancayo.

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

Técnica:

Para la elaboración del presente informe se utilizó cuadros estadísticos, y su análisis se hará con respecto a los Manuales De Carreteras propuesto por el Ministerio De Transportes Y Comunicación.

Instrumentos de recolección de datos:

La recolección de datos para el presente informe, se utilizará el levantamiento topográfico, así como los estudios de suelos para cada calicata que se tomara en cuenta para obtener una mejor estabilidad de la subrasante con el material propuesto.

Procesamiento y análisis de datos:

Agrupar y estructurar los datos obtenidos en el trabajo de campo y definir las herramientas y programas para el procesamiento de los datos y obtener los resultados mediante ecuaciones, gráficas y tablas, así como la ficha de análisis de dosificación con la ceniza natural.

Luego de realizarse un análisis detallado, de los resultados obtenidos en la aplicación del instrumento, se procederá a agrupar las conclusiones en torno a las áreas de diagnóstico contemplado en los objetivos de la investigación.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL INFORME

4.1. Resultados

4.1.1. Generalidades del Proyecto

El objetivo principal del proyecto que se ejecuto es el “Estabilización de la subrasante con la inclusión de ceniza natural para el mejoramiento de los jirones Unión y Primero de Mayo del distrito de Viques de la Provincia de Huancayo”, es la rehabilitación de la carretera y de cada uno de sus elementos componentes y complementarios brindándole condiciones óptimas para el tráfico, compatibles con las características geométricas de una carretera de su clase (Camino vecinal) con una capa de rodadura óptima para ser transitada, con la finalidad de que sean más viables la integración de los pueblos ubicados a lo largo de la carretera, motivando y ampliando el intercambio cultural y Socioeconómico en base a su producción ganadera y agrícola.

Durante mi presencia en la ejecución del proyecto participe en todo el proceso donde se aplicó cal en el afirmado de la calle vecinal.

Posteriormente de los estudios de levantamiento topográfico, estudio de suelos, estudio de impacto ambiental, estudio de

señalización y seguridad vial, estudio hidrológico y la formulación de los resultados, cálculos, planos, especificaciones técnicas, metrados y demás documentación que son propias de este tipo de proyecto.

A) Ubicación del proyecto

Tabla 1: Datos de Proyecto

Departamento	:	Junin
Provincia	:	Huancayo
Distrito	:	Viques
Lugar	:	<u>Jirones Union y Primero de Mayo</u>

Fuente: elaboración propia

B) Vías de acceso

Viques dada su ubicación de ingreso a Huancayo, es parte de la Red Vial básicamente que se articula con el distrito de Chupuro y las zonas altas. Así como la Avenida Ferrocarril es una vía de acceso al distrito de Huacrapuquio por el lado este y hacia el norte al distrito de Huayucachi.

a) Viques cuenta con 3 vías principales.

- Av. Ferrocarril
- Av. 28 de Julio
- Av. Huáscar

C) Tramos:

La superficie total del terreno para el Proyecto es el comprendido entre tramos desde el Jr. Concordia hasta Cahuide como especifica en el siguiente Cuadro:

Tabla 2 Cuadro de áreas por progresivas

(AREA DE RODADURA)						
AREA DE AV.FERROCARRIL						
Área de Rodadura Progr.0+000 A 1+336.766 (LADO ESTE)	m2	1	1,336.77	6.4	8,555.30	
Área de Rodadura Progr.0+000 A 1+336.912 (LADO OESTE)	m2	1	1,336.92	6.4	8,556.29	
AREA DE RODADURA JR.UNION						
Área de Rodadura tramo 01 Jr.Tupac Amaru-Ferrocarril Progr.0+000 A 0+215,79	m2	1	215.79	5.4	1,165.27	
Área de Rodadura tramo 02 Av.Ferrocarril-Manco Capac Progr.0+240 A 0+585,74	m2	1	345.79	5.4	1,867.27	
AREA DE RODADURA JR.1° DE MAYO						
Área de Rodadura tramo Jr.Huascar-Pasaje S/n Progr.0+000 A 0+293.31	m2	1	293.31	5.4	1,583.87	

Fuente: elaboración propia

D) Beneficiarios directos

Según el catastro de viviendas, son 724 beneficiarios directamente los beneficiarios directos participan activamente en las gestiones para la realización del proyecto que ha sido canalizado por la Municipalidad Distrital de Viques al ante el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, específicamente al Programa Integral de Barrios y Pueblos estas gestiones están siendo canalizadas desde varios meses por la Municipalidad Distrital de Viques, llegando a captar el financiamiento respectivo.

E) Características socioeconómicas de la población beneficiaria

La población total del área en estudio del distrito de Viques registra una población de 724 habitantes, de los cuales 398 son hombres representando el 55 % y 326 son mujeres que representa el 45% de la población. La población total del distrito de Viques registra una población de 326 mujeres, de los cuales 18% tiene de 0 a 10 años, 19% tiene de 10 a 20 años, 15% tiene de 20 a 30 años, 18% tiene de 30 a 40 años, 16% tiene de 40 a 50 años, 7% va de la mano los que tienen de 50 a 60 años con los mayores de 60 años. La población total del distrito de Viques registra una población de 398 varones, de los cuales 19% tiene de 0 a 10 años, 15% va de la mano los que tienen de 10 a 20 años, 20 a 30 años y los de 40 a 50 años, 13% tiene de 30 a 40 años, 16% tiene de 50 a 60 años y 7% mayores de 60 años.

F) Fundamentación del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en el Distrito de Viques, específicamente en la Av. Ferrocarril Tramo Concordia-Calle Cahuide, jirones Unión y Primero de Mayo, una zona poblada por más de 20 años con frecuencia de autos , camiones y mototaxis, donde una vez realizado el proyecto circularan masivamente unidades motorizadas livianas y pesadas así como se incrementara la circulación masiva pobladores del sector así mismo unirá los Distritos de Viques y Huacrapuquio, siendo esta una vía colectora de Primer orden. El proyecto permitirá mejorar el sistema vial en la zona Sureste del Distrito de Viques.

A) Planeamiento urbano vial

Figura 29. Mapa de Ubicación vial



Fuente: elaboración propia

B) Planeamiento urbano

a) Sectorización urbana

De acuerdo al plan de desarrollo de Viques, el terreno del proyecto se encuentra ubicado dentro del planeamiento Urbano.

Figura 30. Línea de la vía a estabilizar



Fuente: elaboración propia

b) Identificación del tramo

Figura 31. Identificación del tramo a estabilizar



Fuente: elaboración propia

Figura 32. Identificación del tramo a estabilizar por la parte de ferrocarril



Fuente: elaboración propia

4.1.2. Antecedentes

El proyecto se encuentra ubicado en el Distrito de Viques, específicamente en la Av. Ferrocarril tramo Concordia - calle Cahuide, jirones Unión y Primero de Mayo una zona poblada por más de 20 años ubicada en una zona aparente para Urbanizaciones. Los residentes de estas vías actualmente están conformando un

comité organizador que con el apoyo y orientación de la Municipalidad Distrital de Viques se está canalizando el financiamiento ante Instituciones como la Municipalidad Provincial de Huancayo y el Ministerio de Vivienda. Para esto necesario mencionar que esta vías son importantes para el traslado de los pobladores a sus viviendas, siendo una vía de Primer Orden que es la vía principal que interconecta a la población de Viques hacia Huancayo hacia el norte y el Distrito de Huacrapuquio por el Sur, estas vías actualmente se encuentra en terreno natural (En estado malo) y soporta un tráfico diario de más 400 vehículos diarios aproximadamente, La continua emisión de polvo y presencia de charcos afectan a los predios incrementando los costos de mantenimiento de fachadas, paredes internas, cielo raso, puertas, ventanas y enseres (artefactos y muebles) así como el piso de los mismos; el mal estado que presenta el área de rodadura actualmente perjudica a los transeúntes - peatones quienes a diario transitan por la vía hacia sus centros de estudio, de trabajo, mercados e instituciones públicas; obligando a la población a utilizar medios de transportes para evitar esta situación influyendo negativamente en la economía de la población, todo esto deteriora la imagen del ornato del sector, empeorando la calidad de vida de los vecinos y transeúntes.

A) La plataforma

Deterioro continuo de la plataforma de rodadura por la falta de un sistema de evacuación de aguas superficiales y/o aguas pluviales.

B) El derecho de vía

Deslizamientos y derrumbes de algunos tramos de los taludes de la vía.

C) Drenaje

No existe un sistema de drenaje perpendicular a la vía ni cunetas laterales para el encausamiento de aguas superficiales y/o pluviales.

4.1.3. Características del proyecto

A) Ubicación y vías de acceso

El presente estudio se ubica en la Av. Ferrocarril tramo Concordia – calle Cahuide, en una longitud de 3,552.42 ml, con Asfalto en caliente de 2” jirones Unión y Primero de Mayo; construcción de veredas de Concreto $f'c= 175$ Kg/cm en el proyecto con un ancho 1.80 m en la Av. Ferrocarril y 2.00 m en los jirones Unión y Primero de Mayo. En un área de 9344.49 m² en total. Esta vía se pavimentará con pavimento flexible en caliente de 2”, la evacuación de aguas pluviales por tuberías de PVC de 12” que serán captadas de los sumideros de tuberías PVC UF de 8” ubicación del estudio es el siguiente:

Tabla 3. Coordenadas UTM del proyecto

Descripción	Norte	Este	Altitud
Inicio de Tramo	<i>87865 072.909</i>	<i>364 813.414</i>	<i>4308.027</i>
Fin de del Tramo	<i>8 716 037.405</i>	<i>366 588.471</i>	<i>4292.500</i>

Fuente: elaboración propia

B) Accesibilidad

El distrito de Viques está conectado al ramal principal de la carretera central Huancayo, Viques hacia Huayucachi el ingreso principal es por la Av. 28 de Julio hacia la Av. Huáscar vías que se encuentran pavimentadas

Tabla 4. Distancia por (km.) del distrito a otros lugares

<i>Localidad</i>	<i>Huancayo</i>	<i>Huayucachi</i>	<i>Chongos Alto</i>	<i>Liam</i>	<i>Jauja</i>
<i>Viques</i>	<i>12</i>	<i>1</i>	<i>12</i>	<i>95</i>	<i>29</i>

Fuente: compendio departamental – Pasco - 1999-2000.

C) Características adoptadas para el proyecto

Tabla 5. Detalles de la vía a construir Jr. 1° de mayo

DISEÑO PROPUESTO. JR. 1° DE MAYO CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Tramo: Progresiva: 0+000 a 1+336.912		
Velocidad directriz	:	35 - 40 Km/h.
Vía total	:	13.00 m.
Calzada Vehicular	:	6.00 m.
Estacionamiento	:	2.40 m. lado este
Vereda	:	1.80 m. a cada lado
Cuneta	:	0.40 m. a cada lado
Pendiente mínimo del estudio	:	-3.563 % Pendiente
máxima del estudio	:	0.672 %
Bombeo	:	2.00 %
Tipo de Carpeta	:	Asfalto Flexible 2"

Fuente propia

Tabla 6. Detalles de la vía a construir Jr. Unión

<i>DISEÑO PROPUESTO. JR. UNION CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</i>	
Tramo: Progresiva: 0+000 a 1+431.14	
Velocidad directriz	: 35 - 40 Km/h.
Vía total	: 10.00
m. Calzada Vehicular total	: 5.40 m.
Calzada Vehicular	: 2 .70m. a cada
lado Calzada Vehicular Total	: 5 .40m.
Vereda	: 2.00 m. a cada lado
Cuneta	: 0.40 m. a cada lado
Pendiente mín.	: 0 %
Pendiente max.	: 0 %
Bombeo	: 2.00 %
Tipo de Carpeta	: Asfalto Flexible 2"

Fuente: elaboración propia

D) Zonas de influencia del proyecto

El área de influencia es la zona en la cual se desarrollan actividades que crean flujo de tráfico por la carretera en estudio, se delimita el área de influencia a fin de determinar la evolución futura de los flujos de transporte en los distritos.

E) Delimitación del Área de Influencia

Para la determinación del área de influencia de la carretera en estudio se tomaron en cuenta, como los centros poblados menores y/o caseríos que están en el límite de la carretera considerados como directamente beneficiarios y los centros poblados cuya longitud máxima es 2.5 Km. a cada lado de la carretera, considerado como indirectamente beneficiarios.

4.1.4. Trabajos realizados y análisis físico de la subrasante

A) Referenciación de camino en estudio

El reconocimiento de campo, se realizó con el propósito de ubicar el trazo de la vía actual, determinar las longitudes de la carretera, características técnicas y determinación de puntos críticos, para esto se utilizó el equipo GPS navegador, marca GARMIN, Para la georreferenciación de la vía, así como winchas y eclímetros y, para el seccionamiento se utilizó una Estación Total

Se respetó el eje del camino actual, tomando secciones transversales cada 20 m. Se han efectuado controles de gradiente para verificar las pendientes máximas, en relación a los límites indicados en las normas y también se realizó la toma de muestras de suelo de subrasante, de las cuales se realizó su clasificación de acuerdo al sistema AASHTO y SUCS, y posteriormente se realizó la ubicación de las fuentes de agua en todo el tramo de la carretera que se intervendrá con el proyecto.

B) Estudios básicos de Ingeniería

Para el presente Informe Técnico, se ha realizado los estudios siguientes:

a) Descripción Topográfica

Se realizó un recorrido por los jirones Primero de Mayo y Unión desde la cuadra 5 al 9, recorriendo un total de 350 metros, con el fin de conocer las características y accesos que presenta la vía. Se realizó el levantamiento topográfico de las vías en estudio teniendo en cuenta las características de la vía, pendientes, cotas y distancias, además de representar las características propias de la vía en estudio, el levantamiento topográfico se realizó con estación total de marca Topcom, modelo OS-105, trípode, 01 prisma, flexometro, gps.

Primer paso

Se estaciono el equipo, luego se anotó las coordenadas obtenidas del GPS, seguidamente se introdujeron los datos requeridos por la estación total.

Segundo paso

Se procedió a realizar el levantamiento topográfico visando los puntos más relevantes de la vía en estudio como el eje de vía ancho de vía, canal pluvial, pontón, esquinas de terrenos colindantes a la vía en estudio.

Tercer paso

Se procedió a realizar el levantamiento topográfico visando los puntos más relevantes de la vía en estudio.

Cuarto paso

Se obtuvieron los datos de la estación total, luego se exportaron las coordenadas al autocad civil, y finalmente se trazó el plano representando sus características

C) Evaluación de Canteras y Suelos

Los depósitos de materiales de construcción se ubican en base a un viaje de reconocimiento y prospección a lo largo de la carretera, incluyendo las áreas de influencia, quebradas transversales, asimismo, todos los lugares que pudieran acusar la existencia de materiales, que fueron seleccionados de acuerdo a la potencia disponible, donde se realizaron calicatas para su

análisis el estudio en laboratorio para comprobar que cumpla con lo requerido en las especificaciones técnicas. Para el Estudio de suelos se siguió la metodología de extracción de muestras de suelos para reconocer y clasificar material que fueron objeto de ensayo de laboratorio para conseguir en forma gráfica y escrita los resultados del estudio y de acuerdo al análisis de campo se seleccionó la cantera siguiente:

Tabla 7. Cantera N° 01 (Km 2+885)

Ubicación	:	Km. 1+336
<i>Descripción</i>	:	Grava mal graduada del tipo aluvional conformado por gravas limosas y gravas arcillosas
<i>Clasificación SUCS</i>	:	SP – GP
<i>Uso</i>	:	Afirmado
<i>Explotación</i>	:	Con equipo convencional
<i>Tratamiento</i>	:	Zarandeo y mezclado
<i>Rendimiento</i>	:	75% para uso como afirmado
<i>Potencia</i>	:	41,302 m3
<i>Largo (m)</i>	:	1.00
<i>Ancho(m)</i>	:	1.00
<i>Profundidad(m)</i>	:	1.50

Fuente: elaboración propia

Tabla 8. Cantera N° 02

Ubicación	:	Km. 1+431
<i>Descripción</i>	:	Grava mal graduada del tipo aluvional conformado por gravas limosas
<i>Clasificación SUCS</i>	:	SP – GP
<i>Uso</i>	:	Afirmado
<i>Explotación</i>	:	Con equipo convencional
<i>Tratamiento</i>	:	Zarandeo y mezclado
<i>Rendimiento</i>	:	75% para uso como afirmado
<i>Potencia</i>	:	41,302 m3
<i>Largo (m)</i>	:	1
<i>Ancho(m)</i>	:	1
<i>Profundidad(m)</i>	:	1.5

Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Ubicación de calicatas

Calicata	Norte	Este	Altitud
O1	86895062.369	448190.044	3389.62
O2	86598281.152	447317.565	3385.50

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Cantidad de muestra de suelo

Calicata	Cantidad
O1	65 kg
O2	65 kg

Fuente: elaboración propia

D) Hidrología y Drenaje

La información pluviométrica utilizada para el estudio, es proveniente del servicio nacional de meteorología e hidrología.

E) Estudio de Zonas Críticas

El estudio de zonas críticas, tiene por objetivo el análisis de los aspectos geodinámicos de la carretera que impliquen algún grado de incidencias o riesgo sobre la obra, determinando sus causas, su grado de actividad y formular las recomendaciones mínimas para corregir o mitigar el impacto y entre los elementos a considerar esta: la plataforma y drenaje.

F) Estudio de Señalización

Elaborado de acuerdo a las características de diseño plano altimétrico de la referida vía y tomando en cuenta el “Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras” vigente, aprobado por Resolución Ministerial N° 210-2000-MTC/15.02. El Estudio de Señalización y Seguridad Vial está referido al establecimiento de los diversos dispositivos de prevención, regulación, información y/o seguridad vial, que son necesarios a la vía en diseño, a fin de crear mecanismos de seguridad y prevención de accidentes al usuario de la vía.

G) Estabilidad de Taludes

Al realizar un recorrido del camino, se ha hecho una evaluación general de la estabilidad de los taludes existentes; se ha identificado los taludes críticos o con problemas de estabilidad, en este caso tomando en cuenta la experiencia del comportamiento de taludes in situ y/o ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geológicas, geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes, se ha determinado la inclinación de los taludes definiendo la relación V:H de diseño y los taludes de corte dependen de la naturaleza del terreno y de su estabilidad. La relación de taludes de corte son las siguientes:

Tabla 11. Composición de los taludes

CLASE DE TERRENO	:	TALUD (V: H)
Roca Fija	:	05:01
Material Suelto	:	03:01
Roca suelta	:	02:01

Fuente: elaboración propia

4.1.5. Obtención de muestras de ceniza vegetal

Se realizó un recorrido por las fábricas de ladrillo artesanal, que están ubicados en el barrio Chalay que pertenecen al distrito de San Jerónimo de Tunan, para obtener muestras de ceniza natural, las mismas que servirán como aditivo para poder estabilizar la subrasante. Se realizó una encuesta y entrevista a los dueños de las fábricas de ladrillo artesanal, y se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 12. Cantidad de ceniza producida por los hornos de ladrillo

Horno	Cantidad de ceniza vegetal producida por calcinación	Cantidad de ceniza vegetal producida por mes	cantidad de ceniza vegetal producida al año
01	de 2.00 m ³ a 2.5 m ³	4.50 m ³	54.00 m ³
02	de 2.00 m ³ a 3.00 m ³	5.00 m ³	60.00 m ³
03	de 2.50 m ³ a 2.90 m ³	5.40 m ³	64.80 m ³

Fuente: elaboración propia

Tabla 13. Cantidad total de ceniza vegetal producida por hornos

Cantidad promedio de ceniza vegetal producida al año	N° de fábricas de ladrillo artesanal	Total de ceniza vegetal producido al año
60.00 m ³	200	12,000.00 m ³

Fuente: elaboración propia

Se tomaron 03 muestras de ceniza vegetal, de 3 hornos de ladrillo artesanal diferentes, la ubicación de los hornos de ladrillo y la cantidad de muestra son los siguientes:

Tabla 14. Ubicación de Hornos de ladrillo artesanal

Horno	Norte	Este	Altitud
O1	8698237.46	447693.63	3354.00
O2	8697832.93	449649.96	3355.00
O3	8698103.36	448713.69	3354.00

Fuente propia

Tabla 15. Cantidad de muestra de ceniza vegetal

Horno	Muestra de ceniza vegetal
O1	30 kg
O2	30 kg
O3	30 kg

Fuente propia

4.1.1. Fase de gabinete

A) Ensayos de laboratorio Ensayo de análisis granulométrico

Para determinar el análisis granulométrico se tendrá como referencia, la norma técnica peruana (NTP 339.128).

Equipos:

- Cuarteador.
- Balanza de 0.1.
- Juego de tamices 3", 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200.
- Horno de temperatura constante de 110 °C.
- Bandejas.
- Brochas, para el limpiado de las mallas de los tamices.

Procedimiento:

- Tomar aproximadamente 50 kg de la muestra de cada calicata.
- Cuartear la muestra.
- Secar la muestra representativa en el horno a una temperatura de 110 °C por periodo de 24 horas.
- Dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente y pesar la cantidad requerida para el ensayo.
- Disgregar los grumos (terrones) del material con el martillo de goma.
- Luego todo el material pasa por el juego de tamices, haciendo movimientos horizontales y circulares.
- Se procede a anotar los pesos retenidos en cada tamiz.

Figura 33. Ensayo de granulometría



Fuente propia

B) Ensayos para determinar límites de consistencia Límite Líquido

Para determinar el límite líquido se tendrá como referencia, la norma técnica peruana (NTP 339.129).

Equipos:

- Capsula de evaporación
- Espátula
- Copa casa grande
- Acanalador
- Calibrador
- Taras
- Estufas

Procedimiento:

- Se toma la muestra de suelo que pasa por la malla N° 40.
- Se deposita en una tara se le agrega agua y se procede a mezclar.
- Se coloca una porción de suelo mezclado con la espátula.
- Se procede a realizar el N° de golpes con la manivela hasta que la parte inferior de las dos porciones del suelo separadas por el acanalador se unan.
- Se toma la muestra y se vuelve a agregar agua, seguidamente se procede a realizar los pasos anteriores.
- Luego se determina cual es la humedad para 25 golpes y ese valor es el límite líquido (LL).

Los cálculos a realizarse, utilizando la siguiente formula:

Contenido de humedad:

$$(\text{Peso del agua}) / (\text{Peso del suelo secado en el horno}) \times 100$$

C) Límite plástico e índice de plasticidad

Para determinar el límite plástico e índice de plasticidad, se tendrá como referencia, la norma técnica peruana (NTP 339.129).

Equipos:

- Espátula.
- Capsula para evaporación.
- Balanza.
- Horno
- Tamiz.
- Vidrios de reloj.
- Agua destilada.

Procedimiento:

- Se toma aprox. 50 gr de muestra q paso el tamiz N° 40, se amasa con el agua destilada, se forma una esfera y se toma unos 6 gr como muestra del ensayo.
- Seguidamente se forma esferas con la muestra y estas al ser aplastada con los dedos no debe de apegarse. En caso se va secando se añade agua.
- Luego sobre la plancha de vidrio, se forman unos pequeños cilindros.
- Si dicho cilindro llega a 3.2 mm y no se ha desmoronado se realiza lo mismo hasta lograr que se desmorone.
- Luego se junta las muestras hasta reunir un aproximado de 5 gr y se determina la humedad.

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo con la siguiente ecuación matemática:

$$I.P.= L.L.-L.P.$$

Figura 34. Equipos Utilizados para el Ensayo de límites de consistencia



Fuente: elaboración propia

4.1.2. Análisis químico de la ceniza natural

Se realizó un análisis químico, de la ceniza natural, para determinar sus componentes y porcentajes que presentan, este estudio nos permitirá estudiar a los componentes de la ceniza natural y su influencia en la estabilización de la sub- rasante.

A) Compactación proctor modificado

Para realizar el ensayo de proctor modificado se tiene como referencia normas ASTM D-1557, MTC E 115

Equipos:

- Molde de 6 pulgadas.
- Pisón o martillo.
- Probeta graduada de 500 cm³.
- Balanza con una aproximación de 1 gramo.
- Horno.
- Una regla metálica.
- Tamices de 3/4, 3/8 y N° 4.
- Herramientas de mezcla (bandejas, taras, cucharas, espátula).

Procedimiento:

- Secar el material si este estuviera húmedo, puede ser al aire libre o al horno.
- Disgregar los terrones de material fino pasando el rodillo sobre una superficie plana.
- Tamizar a través de las mallas 3/4, 3/8, y N° 4 para determinar el método de prueba (aprox. 6 kg de muestra de suelo).
- Preparar 4 muestras de 6 kg cada una.
- Agregar agua en varios porcentajes, para cada una de las muestras.
- Colocar la primera capa en el molde y aplicar 56 golpes con el pisón.
- Los golpes deben ser aplicados en toda el área, girando el pisón adecuadamente, cada golpe debe ser aplicado en caída libre, soltar el pisón en el tope, hasta completar las 3 capas.
- La última capa debe quedarse en el collarín de tal forma que luego pueda enrasarse el molde con una regla metálica quitando previamente el collarín.
- Retirar la base y registrar el peso del suelo más molde.
- Luego de pesado, extraer el suelo y tomar una muestra para el contenido de humedad, como mínimo 500 gr. Para material granular tomar la parte central del molde.
- Llevar las muestras al horno para determinar el contenido de humedad.

Figura 35 Compactando la muestra



Fuente propia

B) Ensayo de CBR

Para determinar el ensayo de CBR, se tendrá como referencia ASTM D – 1883.

Equipos:

- Molde metálico cilíndrico de compactación de 15.24 cm de diámetro interior y 17.78 cm de altura interior. Debe tener un collarín de extensión metálica de 5.08 cm de altura y una placa base metálica de 9.5 mm de espesor, con perforaciones de diámetro igual o menor a los 1.5 mm.
- Martillo de compactación proctor estándar modificado.
- Máquina CBR equipada con pistón de penetración (diámetro de 4.953 cm, con sección transversal de 19.4 cm²) y capaz de penetrar a una velocidad de 1.27 mm/min y con anillo de carga de 50 KN.
- Papel filtro circular.
- Horno

- Herramientas u accesorios, recipientes llenos de agua y tamices de $\frac{3}{4}$, y N° 4.

Procedimiento:

- Se preparó 6.00 kg de suelo de grano fino menor que el tamiz N° 4 de material con partículas menores de 19 mm ($\frac{3}{4}$ "). Esta muestra debe de estar seca y los terrones se deben de disgregar evitando reducir el tamaño natural de las partículas.
- Pesar el molde sin su base.
- Compactar el suelo de acuerdo con la norma ASTM D 698 o D 1557.
- Quitar el collarín y enrasar la muestra suavemente hasta nivelarla, llenar con suelos finos los pequeños huecos que se hayan podido formar en la operación anterior de nivelación de la muestra.
- Retirar la base, pesar el molde con el suelo compactado y determinar el peso unitario total del suelo. Nota este procedimiento es para determinar el CBR al 100% de compactación. Si se deseara realizar a distintos porcentajes de compactación se utilizarán números de golpes de 56, 25 y 10 para cada muestra.
- Se lleva la muestra a la máquina de ensayo y se colocan sobre ella una cantidad de pesas para producir una sobrecarga igual a la que supuestamente ejercerá el material de base y pavimento del camino proyectado.
- Se coloca el pisón de penetración hasta que haga contacto con la muestra
- Finalmente se retira el total de la muestra de suelo del molde.

Figura 36. Ensayo de penetración



Fuente propia

4.1.3. Resultado específicos

Las características físicas que presenta la sub-rasante en los jirones primero de mayo y unión es que se realizaron 02 calicatas en las progresivas 1+336 y 1+431, ambas calicatas de 1.50 metros de profundidad; además se obtuvo 65 kg de muestra de cada calicata. Luego se realizaron los ensayos de granulometría, se determinó los límites de consistencia y finalmente se realizó la clasificación de suelos con las siguientes características físicas que presenta la sub rasante son:

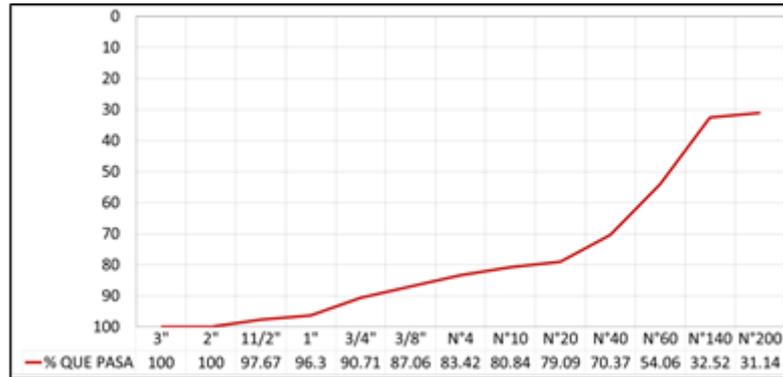
Tabla 16. Granulometría de la muestra o1

Muestra	Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
O1	3"	75	100
	2"	50	100
	1 1/2"	37.5	97.67
	1"	25	96.3
	3/4"	19	90.71
	3/8"	9.5	87.06
	N°4	4.75	83.42
	N°10	2	80.84

N°20	0.85	79.09
N°40	0.425	70.37
N°60	0.25	54.06
N°140	0.106	32.52
N°200	0.075	31.14

Fuente: elaboración propia

Figura 37. Curva de la granulometría de la muestra O1.



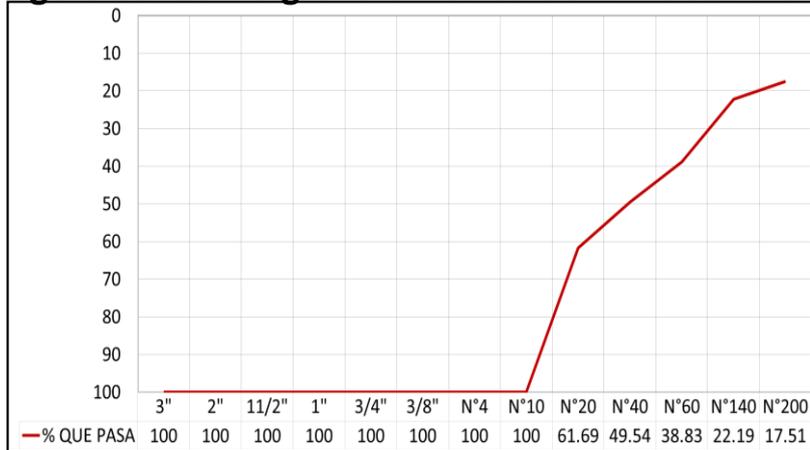
Fuente: elaboración propia

Tabla 17. Granulometría de la muestra O2

Muestra	Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
O2	3"	75.000	100
	2"	50.000	100
	1 1/2"	37.500	100
	1"	25.000	100
	3/4"	19.000	100
	3/8"	9.500	100
	N°4	4.750	100
	N°10	2.000	100
	N°20	0.850	61.69
	N°40	0.425	49.54
	N°60	0.250	38.83
	N°140	0.106	22.19
	N°200	0.075	17.51

Fuente: elaboración propia

Figura 38. Curva granulométrica de la muestra O2



Fuente: elaboración propia

Tabla 18. Tabla de resumen de la granulometría

Muestra	Fino	Arena	Grava
O1	31.14%	52.28%	16.58%
O2	17.51%	82.49%	0.00%

Fuente: elaboración propia

De la clasificación granulométrica de la muestra de la calicata 01, se determinó que contiene 31.14% de finos, 52.28% de arena y 16.58% de grava. Y del análisis granulométrico de la muestra de la calicata 02, se determinó que contiene 17.51% de fino, 82.49 de arena, no contiene grava, en su composición granulométrica.

De ambas muestras de suelo de subrasante, se determinó que contienen un alto porcentaje de arena, haciendo que este tipo de suelo en la subrasante sea inestable.

Tabla 19. Límites de consistencia

Muestra	Porcentaje	
O1	% LIMITE LIQUIDO	37 %
	% LIMITE PLASTICO	25 %
	% INDICE PLASTICO	12 %
O2	% LIMITE LIQUIDO	N.P
	% LIMITE PLASTICO	N.P
	% INDICE PLASTICO	N.P

Fuente: elaboración propia

En cuanto a los límites de consistencia de la muestra de la calicata 01, presenta un límite líquido de 37%, un límite plástico de 25% y un índice de plasticidad de 12%, esto hace que el material sea cohesivo, permitiéndole mantener junto sus partículas y aglomerar. Mientras que la muestra de la calicata 02 no presenta límites de consistencia, ya que es un material clasificado como arena limosa, por lo cual este tipo de suelo no presenta cohesión y este tipo de suelo en la subrasante es inestable.

Tabla 20. clasificación (S.U.C.S.)

Muestra		Clasificación (S.U.C.S)
O1	SM	AREANA LIMOSA CON GRAVA
O2	SM	AREANA LIMOSA

Fuente: elaboración propia

Las propiedades físicas que se obtuvieron de las muestras de acuerdo con los ensayos de laboratorio son los siguientes: De la clasificación de suelos, se determinó que el tipo de suelo es arenoso (SM), conforme a los resultados obtenidos según la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.). Según la

clasificación granulométrica, la muestra 01 presenta 31.14% de finos, 52.28% de arena y 15.58% de grava, y la muestra 02 presenta 17% de finos, 82% de arena y 0.00% de grava. En cuanto a los límites de consistencia la muestra 01 presenta un límite líquido de 37%, límite plástico de 25% y un índice de plasticidad de 12%, y la muestra 02 no presenta límites de consistencia, esto hace que el material sea inestable. De los resultados obtenidos, se concluye que las características físicas, de la subrasante en los jirones Primero de Mayo y Unión donde las características químicas que presenta la ceniza natural, que serán utilizados como estabilizador de la subrasante de esas calles y para obtener las características químicas de la ceniza vegetal, se tomó 3.00 kg de muestra de ceniza natural, para ser analizado en un laboratorio, a cargo de un ingeniero químico.

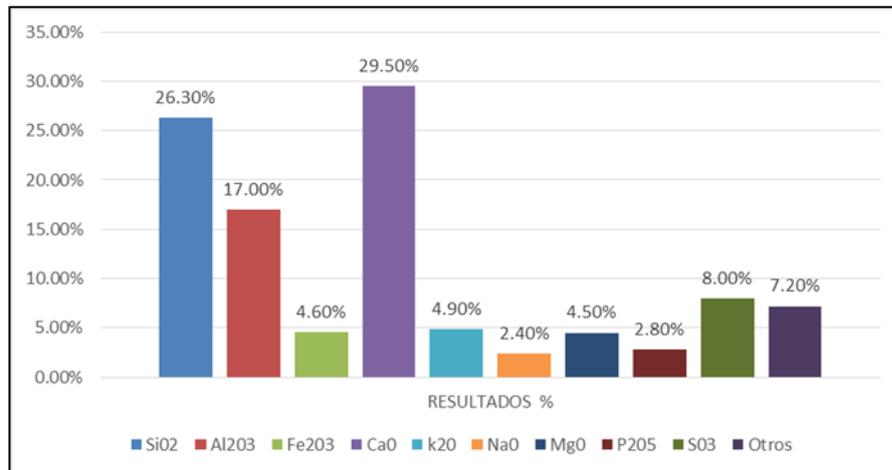
Los resultados que se obtuvieron en el laboratorio de análisis químico, son los siguientes:

Tabla 21. Composición química de la ceniza vegetal

Nombre del compuesto	Formula química	Resultados %
Oxido de silicio (sílice)	SiO ₂	26.30%
Oxido de Aluminio (alúmina)	Al ₂ O ₃	17.00%
Oxido de Hierro	Fe ₂ O ₃	4.60%
Oxido de calcio (cal)	CaO	29.50%
Oxido de potasio (potasa)	K ₂ O	4.90%
Oxido de sodio (sosa)	NaO	2.40%
Oxido de magnesio	MgO	4.50%
Oxido de fosforo	P ₂ O ₅	2.80%
Óxido de azufre	S ₂ O ₃	8.00%
Otros		7.20%
Total		100.00%

Fuente: elaboración propia

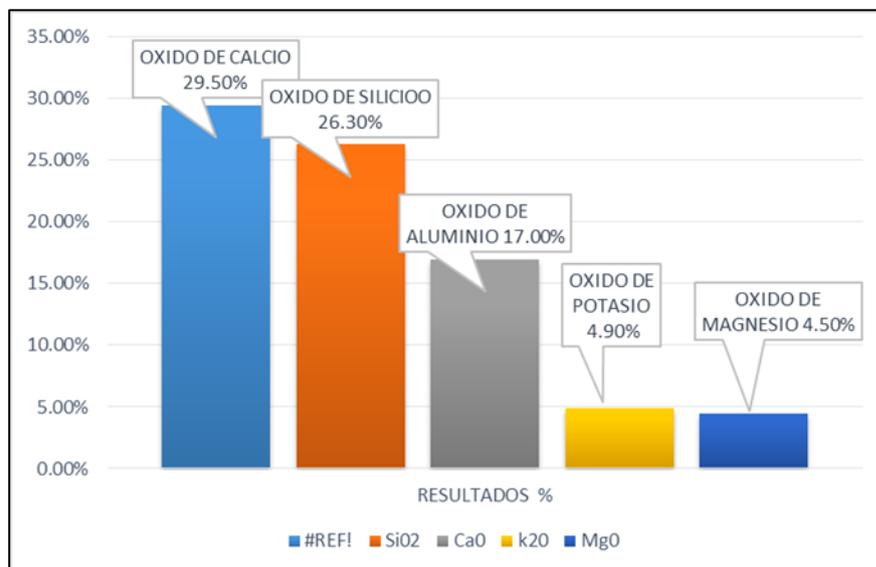
Figura 39. Composición química de la ceniza vegetal



Fuente: elaboración propia

De la tabla, que corresponde a los resultados de laboratorio de la ceniza vegetal, se determinó que los compuestos químicos que más influyen en el proceso de estabilización son los siguientes:

Figura 40. Factores químicos que influyen par a la estabilización



Fuente: elaboración propia

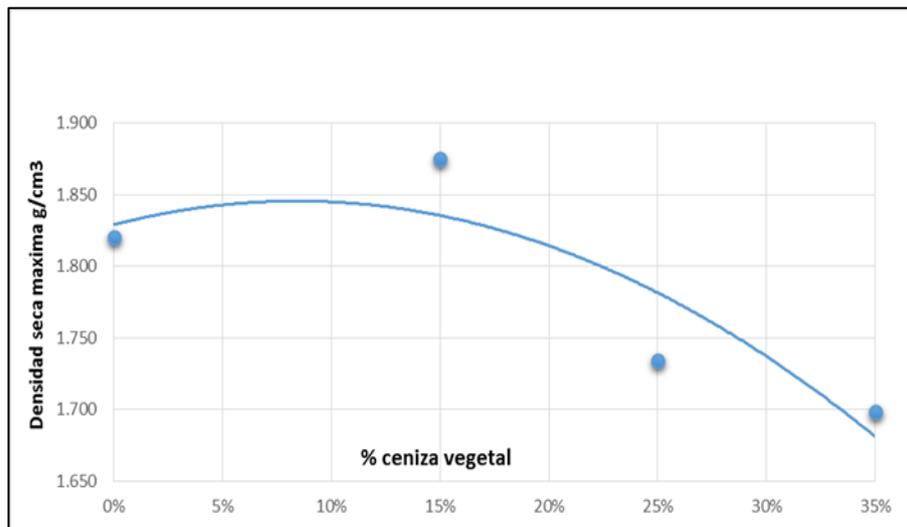
Los componentes químicos de la ceniza vegetal más influyentes en la estabilización de suelos, por presentar propiedades cementantes son los siguientes: El óxido de calcio con 29.50%, el óxido de silicio con 26.30%, el óxido de aluminio con 17.00%, el óxido de potasio con 4.90%, y el óxido de magnesio con 4.50%. La ceniza natural reacciona químicamente al ser mezclado con el suelo y agua, modificando las propiedades, elevando su resistencia. Debemos tener en cuenta que, a mayor porcentaje de ceniza natural, la máxima densidad seca se reduce, pero al ser saturado en agua, la ceniza natural reacciona químicamente, permitiendo que el CBR alcance porcentajes altos y cumplan con los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito. Por tal razón las características químicas que presenta la ceniza natural, son óptimas para ser empleados en la estabilización de la subrasante de los jirones Unión y Primero de Mayo y la dosificación correcta de ceniza natural, que permitirá estabilizar la subrasante de los jirones será necesario realizar el ensayo de proctor modificado, para ello se utilizará el método "A", ya que el material pasa por el tamiz N° 04; obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 22. Tabla de máxima densidad seca de la muestra O1

Máxima densidad seca					
Ceniza vegetal	%	0%	15%	25%	35%
Máxima densidad seca	g/cm ³	1.820	1.875	1.734	1.698

Fuente: elaboración propia

Figura 41. Máxima densidad seca de la muestra O1



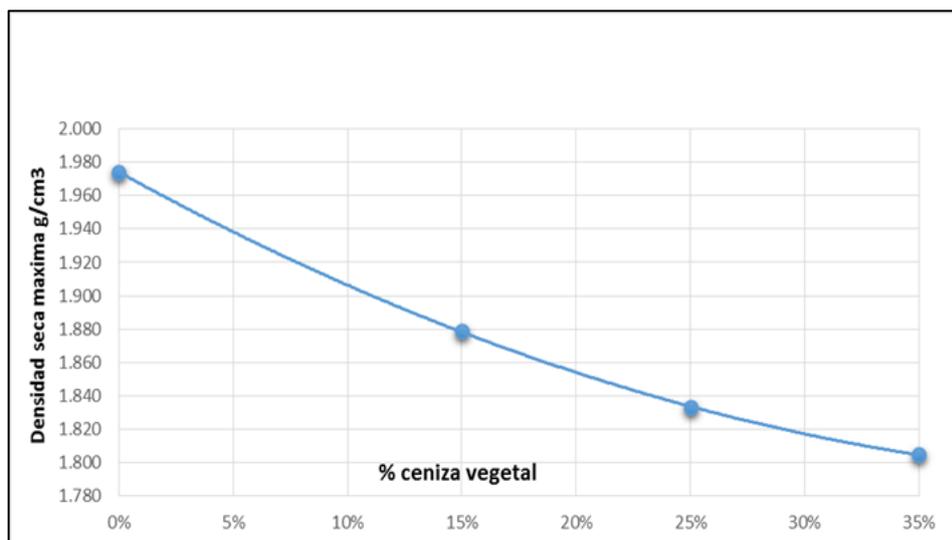
Fuente: elaboración propia

Tabla 23. Tabla de máxima densidad seca de la muestra O2

Máxima densidad seca					
Ceniza vegetal	UND	0%	15%	25%	35%
Máxima densidad seca	g/cm ³	1.974	1.879	1.833	1.805

Fuente: elaboración propia

Figura 42. Máxima densidad seca muestra O2



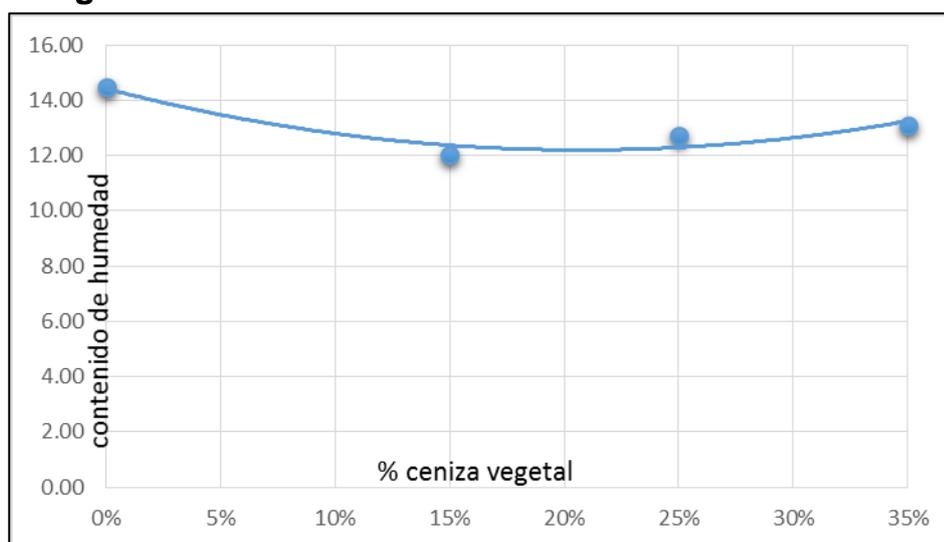
Fuente: elaboración propia

Tabla 24. Contenido de Humedad de la muestra O1

Contenido de humedad					
Ceniza vegetal	%	0%	15%	25%	35%
Contenido de humedad	%	14.50	12.02	12.71	13.1

Fuente: elaboración propia

Figura 43. Contenido de humedad de la muestra O1



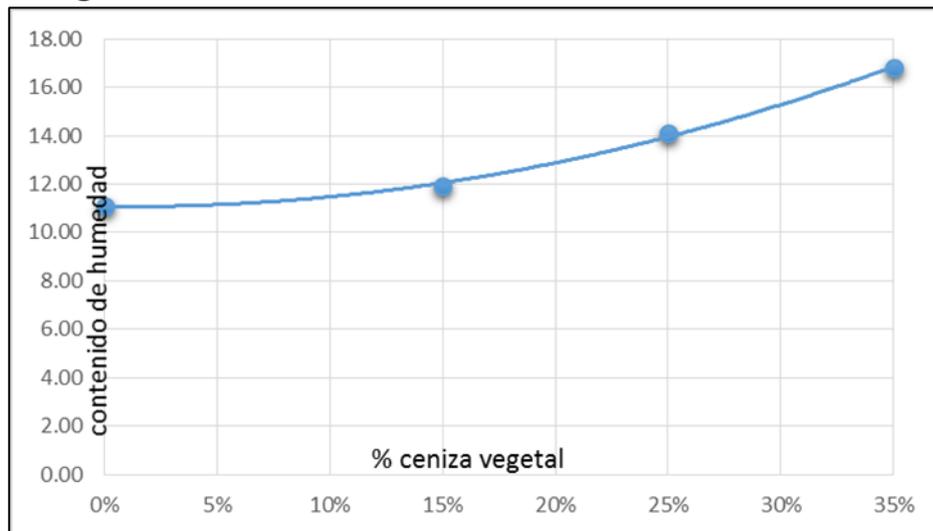
Fuente: elaboración propia

Tabla 25. Contenido de humedad de la muestra O2

Contenido de humedad					
Ceniza vegetal	%	0%	15%	25%	35%
Contenido de humedad	%	11.10	11.92	14.11	16.8

Fuente: elaboración propia

Figura 44. Contenido de humedad de la muestra O2



Fuente: elaboración propia

4.1.4. Porcentaje de cal a utilizar en la mezcla (porcentaje suelo - ceniza)

A) Porcentajes de ceniza

Los porcentajes de ceniza natural que se utilizaron son 14% 23% y 34%. Con el ensayo se obtuvieron la densidad seca máxima y el óptimo contenido de humedad, para las diferentes adiciones de ceniza natural. Estos datos serán utilizados en el ensayo de CBR.

Para la muestra de la calicata 01, tipo de suelo arena limosa con grava, se tiene que al adicionar el 14% de ceniza natural se obtiene un CBR de 23.4%, al adicionar 25% de ceniza natural se obtiene un CBR de 23.9%, y al adicionar 35% de ceniza natural se obtiene un CBR de 24.7%.

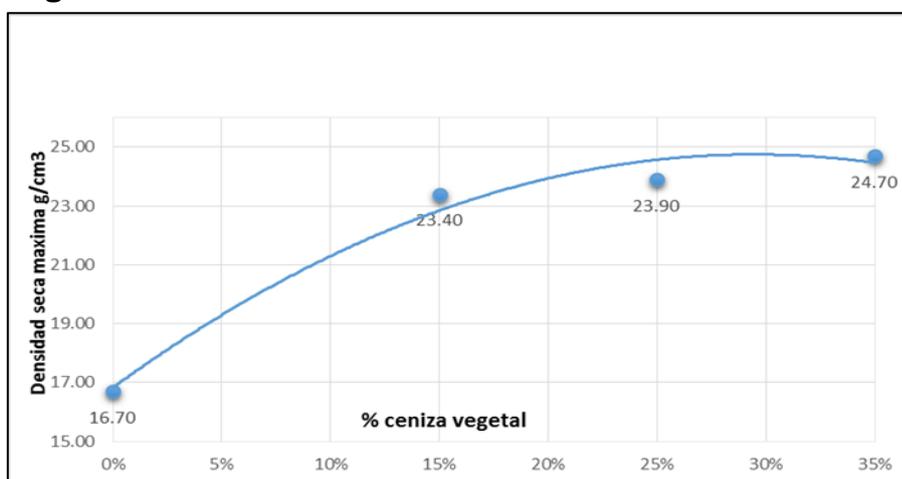
Para la muestra de la calicata 02, tipo de suelo arena limosa, se tiene que al adicionar el 15% de ceniza natural se obtiene un CBR de 21.9%, al adicionar 25% de ceniza natural se obtiene un CBR de 23.4%, y al adicionar 35% de ceniza vegetal se obtiene un CBR de 23.7%.

Tabla 26. C.B.R. con la dosificación de la ceniza natural

Muestra	Tipo de suelo	% Ceniza vegetal	M.D.S.	CBR %
O1	ARENA LIMOSA CON GRAVA		1.82%	16.70%
	ARENA LIMOSA CON GRAVA	15%	1.88%	23.40%
	ARENA LIMOSA CON GRAVA	25%	1.73%	23.90%
	ARENA LIMOSA CON GRAVA	35%	1.70%	24.70%
O2	ARENA LIMOSA		1.97%	18.20%
	ARENA LIMOSA	15%	1.88%	21.90%
	ARENA LIMOSA	25%	1.83%	23.40%
	ARENA LIMOSA	35%	1.81%	23.70%

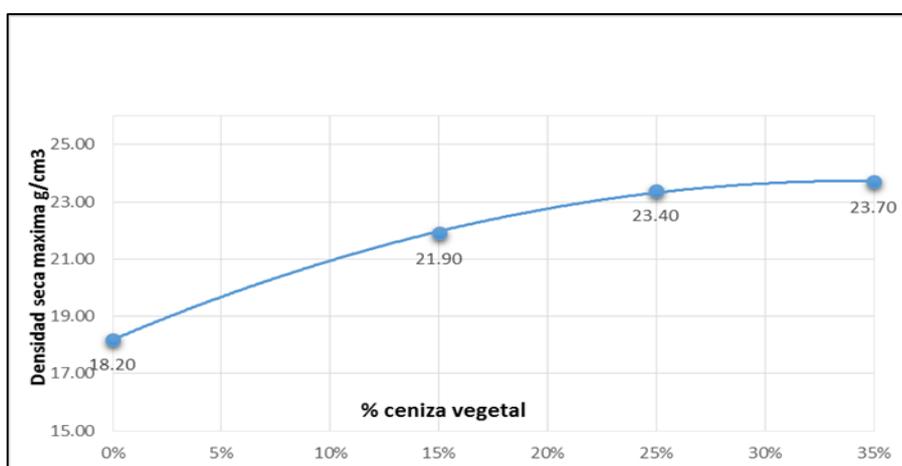
Fuente: elaboración propia

Figura 45. Dosificación de ceniza natural MSD Y CBR



Fuente: elaboración propia

Figura 46. Dosificación correcta de ceniza natural



Fuente: elaboración propia

Tabla 27. Dosificación ideal de la ceniza natural

Muestra	Tipo de suelo	% Ceniza vegetal	CBR %
O1	ARENA LIMOSA CON GRAVA	35%	24.7
O2	ARENA LIMOSA	35%	23.7

Fuente: elaboración propia

La dosificación correcta para la muestra 01, tipo de suelo arena limosa con grava, se logra adicionando el 35% de ceniza natural, obteniendo una máxima densidad seca de 1.698%, un contenido de humedad de 13.10%, y obteniendo un CBR de 24.7%. La dosificación correcta para la muestra 02, tipo de suelo arena limosa, se logra adicionando el 35% de ceniza vegetal, obteniendo una máxima densidad seca de 1.805%, un contenido de humedad de 16.80%, obteniendo un CBR de 23.7%. Clasificando a la subrasante como muy buena, debido a que el CBR es mayor a 20% Además de cumplir los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito.

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Características físicas de la subrasante

Las propiedades físicas que se obtuvieron de las muestras de acuerdo con los ensayos de laboratorio son los siguientes: de acuerdo a la clasificación granulométrica de la muestra 01, contiene 31.14% de finos, 52.28% de arena y 16.58% de grava, y muestra 02, contiene 17.51% de fino, 82.49 de arena, y 0.00%. En cuanto a los límites de consistencia de la muestra 01, presenta un límite líquido de 37%, un límite plástico de 25% y un índice de plasticidad de 12%, y la muestra 02 no presenta límites de consistencia. Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.); la muestra

01, es una arena limosa con grava (SM), mientras que la muestra 02, es una arena limosa (SM), esto hace que el material tenga un poco de cohesión y sea inestable; por lo tanto, las características físicas de la subrasante son deficientes. Visto los resultados, se acepta la hipótesis “Las características físicas, de la subrasante de los jirones Unión y Primero de Mayo, son deficientes”, de acuerdo con la Tesis: Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas, el Bach. Kevin Cubas, sustento su trabajo de tesis en el año 2016, a la Universidad Señor de Sipán. Donde plantea como mejora la estabilización de suelos mediante el uso de cenizas de carbón y activación alcalina (Hidróxido de Sodio) en carreteras no pavimentadas, realizado en el distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo. El presente trabajo de tesis concluye: que el material 02 es inadecuado por tratarse de un suelo arenoso, que contiene 20.80 de finos, 79.63% de arena y 0.00% de grava.

4.2.2. Características químicas de la ceniza natural

Las características químicas que presenta la ceniza natural más influyentes en la estabilización de suelos, por presentar propiedades cementantes son los siguientes: El óxido de calcio con 29.50%, el óxido de silicio con 26.30%, el óxido de aluminio con 17.00%, el óxido de potasio con 4.90%, y el óxido de magnesio con 4.50%. La ceniza natural reacciona químicamente al ser mezclado con agua, modificando las propiedades, elevando su resistencia, cumpliendo con los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito. Evaluado los resultados obtenidos se acepta la hipótesis: “Las características químicas que presenta la ceniza natural son óptimos.” Teniendo como referencia la tesis: “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada”, presentado por el Bach. Carolina

Alejandra Perez Collantes; concluye que la ceniza volante contiene los siguientes elementos químicos SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , K_2O , MgO , TiO_2 , ZrO_2 , S , PbO , y Cl S_3 . La composición química del análisis de la ceniza volante, definió que la suma de los componentes que tienen propiedades puzolánicas.

4.2.3. Dosificación de ceniza natural

La dosificación correcta para la muestra 01, tipo de suelo arena limosa con grava, se logra adicionando el 35% de ceniza vegetal, obteniendo una máxima densidad seca de 1.698%, un contenido de humedad de 13.10%, y obteniendo un CBR de 24.7%. La dosificación correcta para la muestra 02, tipo de suelo arena limosa, se logra adicionando el 35% de ceniza natural, obteniendo una máxima densidad seca de 1.805%, un contenido de humedad de 16.80%, obteniendo un CBR de 23.7%. Clasificando a la subrasante como muy buena, debido a que el $\text{CBR} > 20\%$, cumpliendo con los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito. Observado los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis: “La dosificación correcta de ceniza natural para estabilizar la subrasante, de los jirones Unión y Primero de Mayo, cumple con los parámetros de la norma técnica”, teniendo como antecedente a la investigación de Bach. Carolina Alejandra Perez Collantes, sustento su tesis denominado: Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada; en el año 2014 Lima – Perú. Donde concluye que en el ensayo CBR la mezcla aumento su resistencia en un 9% con la proporción de 20% de ceniza volante y 80% de arcilla. La mezcla de arcilla con ceniza volante, de acuerdo a los resultados del ensayo próctor modificado, presenta mayor grado de compactación que aquella sin ceniza volante.

Además, el valor del CBR al 95% de la MDS, aumento considerablemente de 8.3% a 17.3% adicionándole la ceniza volante en la proporción de 20 %. Los resultados coinciden en cuanto a la mejora del material estabilizado con ceniza natural y ceniza volante; haciendo que aumenta el CBR, reduce la expansión del material.

4.2.4. Discusión principal que se encontró

Los componentes químicos que presenta la ceniza vegetal más influyentes que favorecen a la estabilización del suelo de la subrasante son: el óxido de calcio con 29.50%, óxido de silicio con 26.30%, óxido de aluminio con 17.00%, óxido de potasio con 4.90% y el óxido de magnesio con 4.50%. Para la dosificación correcta para un suelo tipo arena limosa con grava, se requiere de 35% de ceniza vegetal, obteniendo un CBR de 24.7%, que clasifica a la subrasante como muy buena, cumpliendo los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito. Se acepta la hipótesis: Los efectos en la estabilización de la subrasante al incorporar ceniza natural para los jirones Primero de Mayo y Unión del distrito de Viques, Huancayo, son aceptados por la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito, de acuerdo a la Tesis: Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas, el Bach. Kevin Cubas, sustento su trabajo de tesis en el año 2016, a la Universidad Señor de Sipan. Donde plantea como mejora la estabilización de suelos mediante el uso de cenizas de carbón (vegetal) y activación alcalina (Hidróxido de Sodio) en carreteras no pavimentadas, realizado en el distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo. Además, el presente trabajo de tesis concluye: Las cenizas de carbón muestra 02, son las que mejor reacción obtienen al tratamiento de suelos arenosos y arcillosos por el alto contenido de óxido de silicio (SiO₂) que están asociados a la

producción de cerámicos que poseen porcentajes de formas cementantes y favorecen a la estabilización.

A) Discusión estabilización de la subrasante

Los efectos que presenta la estabilización de la subrasante al incorporar ceniza natural para los jirones Primero de Mayo y Unión del distrito de viques, se muestra de la siguiente manera los efectos que presenta la estabilización de la subrasante con la incorporación de ceniza natural son los siguientes: Al incorporar mayores porcentajes de ceniza vegetal, natural la plasticidad y reduce la humedad, la máxima densidad seca se reduce, pero al ser saturado en agua la ceniza natural reacciona químicamente, permitiendo alcanzar un CBR de 23.7 y 24.7%. Los componentes químicos que presenta la ceniza natural más influyentes que favorecen a la estabilización del suelo de la subrasante son: el óxido de calcio con 29.50%, oxido de silicio con 26.30%, oxido de aluminio con 17.00%, oxido de potasio con 4.90% y el óxido de magnesio con 4.50%. En cuanto a la dosificación correcta para un suelo tipo arena limosa con grava, se requiere de 35% de ceniza natural, obteniendo un CBR de 24.7%, y para un suelo tipo arena limosa, se requiere de 35% de ceniza natural, obteniendo un CBR de 23.7% que clasifica a la subrasante como muy buena, cumpliendo los parámetros de la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito, obteniendo pavimentos más duraderos y estables ante las cargas vehiculares.

CONCLUSIONES

1. Se ha llegado a determinar los efectos químicos que están presentes en la ceniza natural, los que producen efectos en la estabilización de suelos. Así se tiene, el óxido de calcio 29.50%, óxido de silicio 26.30%, óxido de aluminio 17.00%, óxido de potasio 4.90%, y el óxido de magnesio 4.50%. Estos elementos, tienen propiedades cementantes y favorecen considerablemente a la estabilización de suelos, permitiendo obtener altos porcentajes de CBR, de esto se concluye que al adicionar 35% de ceniza natural, se logra estabilizar el material de subrasante de los jirones que se estudió; siendo la muestra 01 un tipo de suelo arena limosa con grava y la muestra 02 un tipo de suelo arena limosa. En ambos casos se logró obtener un CBR mayor a 20% haciendo que el material sea muy óptimo y demuestra que si existe congruencia y validez de la investigación
2. Las características físicas que se identificó en la primera calicata fueron: es un tipo de suelo de arena limosa con grava, que contiene un alto porcentaje de arena de 52.28%, fino 31.14% y grava 16.58%; en cuanto a los límites de consistencia presenta un límite líquido de 37%, límite plástico de 25% y un índice de plasticidad de 12%, y en la segunda calicata se tuvo: es un tipo de suelo arena limosa, presenta 82.49% de arena 17.51% de finos, y 0.00%. concluyéndose que ambas calicatas el material tiene un alto porcentaje de arena, lo cual hace que el material sea inestable para ser utilizado en la subrasante.
3. De las características químicas, se determinó que la ceniza natural contiene elementos químicos que favorece a la estabilización. Estos elementos químicos más influyentes en la estabilización son: El óxido de calcio 29.50%, el óxido de silicio 26.30%, óxido de aluminio 17.00%, óxido de potasio 4.90%, y el óxido de magnesio 4.60 %. Estos elementos, tienen propiedades cementantes, permitiendo obtener altos porcentajes de CBR, además de cumplir con la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito,

de la misma manera la dosificación correcta de ceniza natural, para estabilizar la subrasante del jirón Primero de Mayo. Siendo para la muestra 01, que es un tipo de suelo arena limosa con grava, se requiere un 35% de ceniza vegetal, para obtener 24.7% de CBR, y para la para la muestra 02 obtenida del jirón Unión, que es un tipo de suelo arena limosa, se requiere un 35% de ceniza natural, para obtener 23.7% de CBR.

4. Se ha establecido que la correcta dosificación de ceniza natural cumpliendo satisfactoriamente los parámetros estipulados en el manual de carretera presentan un $CBR > 20\%$ lo cual indica la buena capacidad portante de la subrasante, teniendo para la muestra 01, un tipo de suelo de arena limosa con grava, una correcta dosificación se logró adicionando el 35% de ceniza vegetal, obteniendo una máxima densidad seca de 1.698%, un contenido de humedad de 13.10%, y obteniendo un CBR de 24.7%. La dosificación correcta para la muestra 02, tipo de suelo arena limosa, se logró adicionando el 35% de ceniza natural, obteniendo una máxima densidad seca de 1.805%, un contenido de humedad de 16.80%, obteniendo un CBR de 23.7%.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer estudios de estabilización utilizando ceniza natural, a fin de ser empleados en otras capas de pavimento como: subbase y base, ya que los componentes de la ceniza natural, son adecuados para la estabilización.
2. Realizar estudios de dosificación, de ceniza natural en otros tipos de suelos, tales como: suelos gravosos y suelos arcillosos.
3. Se recomienda realizar estudios más detallados, con la finalidad de determinar la viabilidad de aplicación de la ceniza natural en diferentes escenarios y climas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Calero, C. R. (2016). METODOLOGIA PARA LA GEOREFERENCIACIÓN. Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Valle - ING. Topográfica.
2. Cardenas, G. J. (2014). Fundamentos de vías de comunicación y Carreteras. Lima - Perú: Empresa Editora Macro EIRL.
3. Cardenas, G. J. (2015). Diseño Geométrico de Carreteras. Lima - Perú: Empresa Editora Macro EIRL Av. Paseo de la Republica N° 5613, Miraflores, Lima, Perú.
4. Castro, P. V. (2015). Estudio del comportamiento de suelos potencialmente expansivos en zonas forestales estabilizados con cenizas FBC. Santiago - Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
5. Cordoba, N. B. (2017). "propuesta de la alternativa de mantenimiento de carreteras y puentes, a partir de la contratación por niveles de servicio". Bogotá, Colombia: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS.
6. Hernandez, S. R. (2014). Metodología de la Investigación 6 Edición. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
7. Ibañez, W. (2012). Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales - Tomo I. Lima - Perú: Empresa Editora Macro E.I.R.L. Av. Paseo de la Republica 5613 Miraflores, Lima, Perú.
8. Mendoza, D. J. (2011). Topografía Técnicas Modernas. Perú lima: Imprenta Editora Grafica SEGRIN E.I.R.L.
9. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2007). NORMA: E.050 Suelos y Cimentaciones. Lima - Perú: Resolución Ministerial N° 048-97MTC/15.VC, del 27 de enero 1997.
10. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, R. d. (2000). "MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS (EG-200)". Lima - Perú: Resolución Ministerial N°210-2000- MTC/15.02.

- 11.** Ministerio de Transportes y Comunicaciones, R. d. (2008). MANUAL PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO. Lima - Perú: Resolución Directoral N°051-2008-MTC/02.
- 12.** Ministerio de Transportes y Comunicaciones, R. d. (2014). ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS. Lima - Perú: Resolución Ministerial N°304-2007- MTC/14.
- 13.** Ministerio de Transportes y Comunicaciones, R. D. (2014). MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS (DG-2014). Lima -Perú: N°210-2014- MTC/036.04.
- 14.** Muñoz, D. A. (2015). METODOLOGÍA PARA LA GEORREFERENCIACIÓN DE ELEMENTOS EMISORES Y SIG. Tiempo y Espacio, 46.
- 15.** Palacios, V. C. (2016). " Estudios y Tratamientos para Estabilizaciones del Suelo – Estado de Arte". Quito, Ecuador: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.
- 16.** Prieto, M. J. (2015). Métodos diferenciales e interferométricos para la evaluación de deformaciones de la corteza terrestre mediante técnicas GNSS e InSAR. Guadalajara - México: Editorial Galileo ESA/NASA samanta Cristoferetti.
- 17.** Quintana, S. M. (2013). Libro SIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental. Bogotá - Colombia: editado por los autores en Madrid, España.
- 18.** Ramirez, C. G. (2016). LA RED GEODESICA DE ALTA PRECISION Y SU IMPORATACIA EN LA MODELACION FLUVIAL. Seminario Internacional La Hidroinformática en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, 39.
- 19.** Ravilla, M. M. (2016). "Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada". Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

- 20.** Rosario, G. d. (2017). GEOGRAFÍA Y GEORREFERENCIACIÓN - APLICACIÓN DE GPS EN LA ENSEÑANZA. AMSAFE ROSARIO - Asociación del Magisterio de Santa Fe Delgado Rosario, 33.
- 21.** Santos, R. R. (2018). Sistema de Información Topográfico y Geodésico. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG, 39.
- 22.** Valentín, N. Y. (2015). "tratamiento de suelos con Cal". Guadalajara, México: UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO.
- 23.** Valero, B. J. (2014). GNSS (GPS: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES EN GEOMATICA). ESPAÑA: EDITORIAL UNIVERSIDAD DE VALENCIA.
- 24.** Vega, A. M. (2017). Experiencia de Estabilización de Suelos arcillosos con cal y arena Eólica en la ciudad de Piura. Piura, - Perú: Universidad de Piura.

ANEXOS



