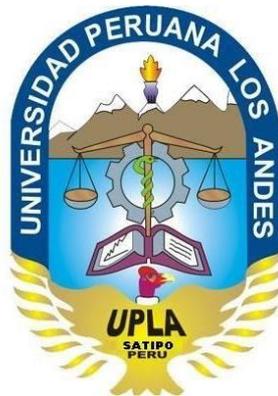


“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“DIAGNÓSTICO Y DISEÑO VIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE:
AVENIDA ALFONSO UGARTE (TRAMO: CARRETERA
CENTRAL – AVENIDA FERROCARRIL), EN EL DISTRITO DE
HUALHUAS, PROVINCIA DE HUANCAYO 2016”**

PRESENTADO POR:

Bach. KORI QUIÑONES PAUCAR

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

HUANCAYO – PERÚ

2017

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ
DECANO

ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO
JURADO

ING. NATALY L. CORDOVA ZORRILLA
JURADO

ING. FERNANDO A. VARGAS MANRIQUE
JURADO

MG. MIGUEL ÁLGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

ASESORES:
ING. MARÍA LUISA MUERAS GUTIÉRREZ
ING. JOSÉ LUIS TUPAC YUPANQUI

DEDICATORIA

A Dios por darme la alegría de vivir, a mis padres y hermanas por su apoyo incondicional, para seguir adelante y formarme como profesional.

Kori

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Peruana los Andes, por brindarme educación de calidad en el campo de la Ingeniería Civil.

Al Decano de la Facultad de Ingeniería por su excelente gestión que me ha permitido el logro de esta meta.

A mis asesores, Ing. María Luisa Mueras Gutiérrez e Ing. José Luis Túpac Yupanqui; por sus sabios conocimientos y valiosas experiencias.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, quienes desinteresadamente vertieron sus aportes a este trabajo de investigación.

A mi madre Sra. Dora Luz Paucar Carrión por su confianza, apoyo moral y económico, que me permitieron alcanzar esta meta.

La Autora

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.1. GENERAL.....	2
1.2.2. ESPECÍFICOS	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. GENERAL.....	3
1.3.2. ESPECÍFICOS	3
1.4. JUSTIFICACIÓN	4
1.4.1. METODOLÓGICA.....	4
1.4.2. SOCIAL.....	4
1.4.3. AMBIENTAL.....	4
1.5. DELIMITACIÓN	5
1.5.1. ESPACIAL	5
1.5.2. TEMPORAL	5
1.6. LIMITACIÓN.....	5
1.6.1. ECONÓMICA.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES.....	6

2.2. BASES TEÓRICAS	8
2.2.1. ASPECTOS GENERALES	8
2.2.1.1. Pavimento	8
2.2.1.2. Características que debe reunir un pavimento	9
2.2.1.3. Clasificación de los Pavimentos.....	9
2.2.1.4. Pavimentos Flexibles.....	9
2.2.1.5. Composición de un Pavimento Flexible	10
2.2.1.6. Métodos de Diseño para Pavimentos Flexibles.....	13
2.2.2. ASPECTOS GENERALES DEL DIAGNÓSTICO DE LA CARPETA ASFÁLTICA A TRAVES DEL MÉTODO DEL PCI	20
2.2.2.1. DEFINICIÓN DE PCI.....	20
2.2.2.2. SIGNIFICADO Y USO	21
2.2.2.3. TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	21
2.2.2.4. HERRAMIENTAS.....	26
2.2.3. ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO, DISEÑO VIAL	28
2.2.3.1. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, ENSAYOS DESTRUCTIVOS ...	28
2.2.3.2. MÉTODOS INDIRECTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, PROCEDIMIENTOS DE INGENIERÍA	29
2.3. BASES LEGALES	35
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	36
2.4.1. BASE	36
2.4.2. CAPA DE RODAMIENTO.....	36
2.4.3. CAPA DE SUB-BASE.....	36
2.4.4. CAPACIDAD DE UNA VÍA	37
2.4.5. CAPAS DE RELLENO O MATERIAL SELECTO	37
2.4.6. CBR (California Bearing Ratio)	37
2.4.7. COEFICIENTE ESTADÍSTICO DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr).....	37
2.4.8. CONFIABILIDAD (%R).....	37
2.4.9. DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA (So).....	38
2.4.10. SERVICIABILIDAD FINAL (pt).....	38
2.4.11. SERVICIABILIDAD INICIAL (po)	38

2.4.12. MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr)	38
2.4.13. NIVEL DE SERVICIO	38
2.4.14. NÚMERO ACUMULADO DE EJES EQUIVALENTES.....	38
2.4.15. PAVIMENTO	39
2.4.16. PAVIMENTO FLEXIBLE.....	39
2.4.17. SUB RASANTE.....	39
2.4.18. VEHÍCULOS LIVIANOS	39
2.4.19. VEHÍCULOS COMERCIALES	39
CAPÍTULO III.....	40
HIPÓTESIS Y VARIABLES	40
3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	40
3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	40
3.3. VARIABLES	41
3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	41
3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	41
3.3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	41
(Por favor, pasar a los siguientes cuadros)	41
CAPÍTULO IV	44
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	44
4.1. TIPO.....	44
4.2. NIVEL.....	44
4.3. DISEÑO	44
4.4. MÉTODO	45
4.4.1. GÉNERAL.....	45
4.4.2. ESPECÍFICO	45
4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	45
4.5.1. POBLACIÓN	45
4.5.2. MUESTRA	46
4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	46
4.6.1. TÉCNICAS.....	46
4.6.2. INSTRUMENTOS.....	46

4.6.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	48
4.6.4. CRITERIOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS	48
CAPÍTULO V	49
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LSO RESULTADOS	49
5.1. CARACTERÍSTICAS, IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA VÍA	49
5.2. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y PROCEDIMIENTOS DE INGENIERÍA.....	51
5.3. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	61
5.4. EVALUACIÓN DE DATOS.....	62
5.4.1. EVALUACIÓN DE DATOS PARA EL PROBLEMA GENERAL	62
5.4.2. EVALUACIÓN DE DATOS PARA EL PROBLEMA ESPECÍFICO “A”	64
5.4.3. EVALUACIÓN DE DATOS PARA EL PROBLEMA ESPECÍFICO “B”	65
6.4.3.1. Determinación del número estructural del pavimento flexible de la vía en estudio (SN)	68
6.4.3.2. Cálculo de los espesores del Pavimento según Metodología AASHTO 1993 (convencional)	69
6.4.3.3. Cálculo de los espesores del pavimento según Metodología AASHTO 1993 (con propuesta de base granular reciclada y estabilizada con cemento).....	70
6.4.3.4. Análisis Técnico-Económico de las propuestas mostradas.....	74
5.5. INTERPRETACIÓN DE HIPÓTESIS	77
5.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	80
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Categorías de la capa de Sub Rasante.....	11
TABLA N° 2: Módulo Resiliente vs. CBR	15
TABLA N° 3: Nivel de Confiabilidad para una etapa de Diseño (10 a 20 años), según el tráfico	15
TABLA N° 4: Zr para una Etapa de Diseño (10 a 20 años), según confiabilidad y tráfico.....	16
TABLA N° 5: Serviciabilidad Inicial (Pi), según tráfico.....	16

TABLA N° 6: Serviciabilidad Final (Pt), según tráfico	17
TABLA N° 7: Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI), según tráfico.....	17
TABLA N° 8: Coeficientes estructurales de cada capa que presenta el Pavimento “a”	19
TABLA N° 9: Drenaje	19
TABLA N° 10: Valores para el Coeficiente de Drenaje “m”, para materiales de bases y sub base no tratadas en pavimentos flexibles.....	20
TABLA N° 11: Rangos de Calificación.....	20
TABLA N° 12: Formato de Hoja para Pavimentos Flexibles (Método de PCI)	27
TABLA N° 13: Longitudes de las Unidades de Muestreo en Pavimentos Asfálticos.....	27
TABLA N° 14: Factores de distribución direccional y de carril	30
TABLA N° 15: Factores de crecimiento acumulado para el cálculo de EE.....	31
TABLA N° 16: Configuración de los ejes	32
TABLA N° 17: Relación de cargas por Ejes, para determinar los EE en Pavimentos flexibles ..	33
TABLA N° 18: Factor de vehículos pesados	33
TABLA N° 19: Factor de ajuste por presión de llantas 8 Fp para EE	34
TABLA N° 20: EE de 8.2 tn en el carril de diseño para pavimentos flexibles	35
TABLA N° 21: Técnicas e Instrumentos de investigación.....	47
TABLA N° 22: Datos generales de la vía en estudio	50
TABLA N° 23: Datos generales de la Sección Transversal de la Vía en Estudio	51
Tabla N° 24: Calicata a Cielo Abierto en el Punto de Investigación N° 01	52
Tabla N° 25: Calicata a Cielo Abierto en el Punto de Investigación N° 02	52
Tabla N° 26: Calicata a Cielo Abierto en el Punto de Investigación N° 03	52
Tabla N° 27: Calicata a Cielo Abierto en el Punto de Investigación N° 04	53
Tabla N° 28: Calicata a Cielo Abierto en el Punto de Investigación N° 05	53
TABLA N° 29: Ensayos destructivos con Calicatas.....	54
Tabla N° 30: Levantamiento de Fallas – Método del PCI	55
TABLA N° 31: Estudio de Tráfico	58
TABLA N° 32: Resumen de ensayos de Mecánica de Suelos.....	60
TABLA N° 33: Resumen del Índice de Condición de Pavimentos (Métodos del PCI).....	60
TABLA N° 34. Ejes Equivalentes del Estudio de Tráfico	61
TABLA N° 35: Índice de Condición de Pavimentos Flexibles	61
TABLA N° 36: Ejes Equivalentes (EE) para el Diseño Vial.....	62
TABLA N° 37: Correlación PCI vs. CBR	63
TABLA N° 38: Valores para el diseño vial.....	67
TABLA N° 39: Determinación del Número Estructural por cada capa del Pavimento.....	70
TABLA N° 40: Evaluación Técnico – Económica por el Método AASHTO 1993	74
TABLA N° 41: Costo por m ³ de la Capa Granular (Base) – AASHTO con Base Granular reciclada y Estabilizada con Cemento	76
TABLA N° 42: Interpretación de cómo influye las características físico mecánicas del suelo (% de CBR).....	78

TABLA N° 43: Interpretación del gráfico de Progresiva y Rango de PCI	79
TABLA N° 44: Interpretación de la Propuesta Técnico-Económica para el nuevo diseño de la vía	79

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Comportamiento de Pavimentos Flexibles y Rígidos.....	9
FIGURA N° 2: Sección común de un Pavimento	10
FIGURA N° 3: Calicata a Cielo Abierto.....	29
FIGURA N° 4: Esquema de localización de la vía en estudio.....	50
FIGURA N° 5: Sección Transversal de la vía en estudio.....	51
FIGURA N° 6: Correlación PCI vs. CBR	63
FIGURA N° 7: Diagrama del PCI.....	64
FIGURA N° 8: Histograma del PCI	65
FIGURA N° 9: Registro W8.2 diario.....	66
FIGURA N° 10: Histograma W8.2 diario	66
FIGURA N° 11: Determinación del Valor del Número Estructural para el Diseño Vial.....	68
FIGURA N° 12: Obtención de los espesores de las capas del Pavimento Flexible.....	69
FIGURA N° 13: Análisis Técnico de las Propuestas	75
FIGURA N° 14: Análisis Económico de las Propuestas	75
FIGURA N° 15: Análisis de Resultados de Ambas Propuestas	77

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN N° 1: Ecuación Básica de Diseño.....	14
ECUACIÓN N° 2: Cálculo de los espesores, basados en el SN.....	18
ECUACIÓN N° 3: Tránsito proyectado en año, veh/día	31

RESUMEN

La presente investigación parte del problema general ¿Cuál es el diagnóstico de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016?; para el efecto, se formuló el objetivo general: “Determinar el diagnóstico de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016”; y la hipótesis general que debe contrastarse es: “El diagnóstico de la carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, se encuentra en mal estado, para el cual se plantea un nuevo diseño eficiente”.

El tipo de investigación es Aplicada o Tecnológica, el nivel es Descriptivo – Explicativo, el diseño es Correlacional, el método general de la investigación es el Científico, el específico es el Cuantitativo; que permitió describir y explicar el diagnóstico de la carpeta asfáltica y determinar el diseño vial, además de establecer el grado de correlación de las variables. La población fue la carpeta asfáltica de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas y la muestra fue de tipo No Probabilístico, Dirigido o Por Conveniencia, conformado por un grupo de ensayos destructivos y procedimientos de ingeniería; para el efecto, se aplicaron las metodologías del Índice de Condición de Pavimentos y AASHTO 1993, se realizaron los estudios de tráfico vehicular y excavación de 5 calicatas a cielo abierto para su análisis.

Se concluyó que el diagnóstico de la carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016; se encuentra en mal estado, cuyas variables se relacionan considerablemente de forma positiva, en un porcentaje de 88.39%. Planteándose, que la vía existente debe reconstruirse con un nuevo diseño eficiente, obedeciendo a un número estructural requerido el cual fue de $SN=3.08$.

Palabras claves: diagnóstico vial, diseño vial y pavimento flexible.

ABSTRACT

The present investigation starts from the general problem What is the diagnosis of the asphaltic folder for the road design of the flexible pavement of Av. Alfonso Ugarte (Section: Carretera Central - Av. Ferrocarril) in the district of Hualhuas, province of Huancayo 2016? ; For this purpose, the general objective was formulated: "To determine the diagnosis of the asphalt road pavement for the flexible pavement of Av. Alfonso Ugarte (Section: Carretera Central - Av. Ferrocarril), in the district of Hualhuas, Huancayo 2016 "; And the general hypothesis to be contrasted is: "The diagnosis of the pavement asphalt pavement of Av. Alfonso Ugarte (Section: Central Highway - Av. Ferrocarril), in the district of Hualhuas, province of Huancayo 2016, is in Bad state, for which a new efficient design is proposed ".

The type of research is Applied or Technological, the level is Descriptive - Explanatory, the design is Correlational, the general method of research is the Scientific, the specific is the Quantitative; Which allowed describing and explaining the diagnosis of asphalt and determining the road design, in addition to establishing the degree of correlation of the variables. The population was the asphaltic folder of Av. Alfonso Ugarte (Section: Central Highway - Av. Ferrocarril), in the district of Hualhuas and the sample was of Non-Probabilistic, Directed or For Convenience type, conformed by a group of destructive tests and Engineering procedures; For this purpose, the methodologies of the Pavement Condition Index and AASHTO 1993 were applied, vehicular traffic studies and excavation of 5 open pits were performed for analysis.

It was concluded that the diagnosis of the asphalt pavement of the flexible pavement of Av. Alfonso Ugarte (Section: Carretera Central - Av. Ferrocarril), in the district of Hualhuas, province of Huancayo 2016; Is in bad condition, whose variables are related positively, in a percentage of 88.39%. Considering that the existing way must be reconstructed with a new efficient design, obeying a required structural number which was of $SN = 3.08$.

Key words: road diagnosis, road design and flexible pavement.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: “Diagnóstico y Diseño Vial del Pavimento Flexible: Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016”, se elaboró con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniera Civil, respetando y considerando las normas vigentes emanadas por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana los Andes.

A través de la historia, es de conocimiento que, el transporte es un factor que influye considerablemente en la economía de las naciones; tanto en zonas urbanas como también en zonas rurales.

Las buena calidad y eficiente funcionamiento de las carreteras asisten en el desarrollo socio-económico de los sectores de la población, por efecto, es importante y necesario, una conveniente planificación para la posterior ejecución de los proyectos viales, pudiéndose mencionar a los asfaltados, pavimentaciones, mejoramientos, rehabilitaciones y mantenimientos, para que así, puedan garantizar la calidad y eficiencia de la vía; mejorando la calidad de vida de los pobladores.

Esta investigación tiene como objetivo principal: determinar el diagnóstico de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril). Para la cual se realizó una adecuada revisión bibliográfica, contextualizando los diferentes métodos de diseño de pavimentos, partiendo del levantamiento de fallas.

Se presentará los alcances y las limitaciones presentes en esta investigación, así como el progreso y la forma como se ésta llevando a cabo la misma.

La investigación se ha organizado en 6 capítulos, siendo:

CAPÍTULO I, trata del planteamiento del problema, formulación del problema tanto general como específicos, objetivo general y específicos, justificación, delimitación y limitaciones de la investigación.

CAPÍTULO II, se presentan los antecedentes del estudio, el marco teórico y bases teóricas, aspectos generales del área de estudio, bases legales y definición de términos básicos.

CAPÍTULO III, se plantea la hipótesis general y específicas, las variables e indicadores y la operacionalización de las mismas.

CAPÍTULO IV, se expone la metodología de la investigación; con el tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, método general y específico de la investigación; así como, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

CAPÍTULO V, se presenta la evaluación e interpretación de resultados, análisis de datos, prueba de hipótesis y discusión de resultados.

Se presentarán las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación con el fin de aportar a la carrera de Ingeniería Civil.

Finalmente, se adjuntarán las fuentes de información y anexos, con información que sustentan la elaboración de la tesis.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La construcción de vías óptimas tiene gran importancia en cualquier situación geográfica, porque facilitan el traslado de los habitantes de las poblaciones cercanas y de ser estos agricultores proporcionan el traslado de sus productos a las diversas ciudades; de esta manera se garantiza el desarrollo socioeconómico del sector, además de ofrecer un mejor acceso a las necesidades básicas.

En el Perú, generalmente las vías actuales existentes ya terminaron su periodo de vida útil o se han dañado, a consecuencia de agentes tales como la disposición de materiales de baja calidad, carencia o insuficiencia del sistema de drenaje y datos de estudio de tráfico erróneos, también producto de la mala dirección técnica al momento de su ejecución, lo cual ocasiona gastos elevados en reparaciones o reconstrucciones de las mismas.

El pavimento flexible de la Avenida Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril) actualmente presenta un colapso a nivel estructural, a causas que, se asocian a su uso, diseño o proceso constructivo, cabe mencionar que la vía cuenta con una vida útil de 20 años, cuyo proyecto, después de puesto en funcionamiento; se realizó recién el saneamiento de la zona, haciendo que la estructura del pavimento sufra estas fallas que investiga la tesis, llegando a afectar a la población que se traslada alrededor de dicha vía, al observar a lo largo de la zona nos damos cuenta que la carpeta asfáltica tiene presencia de diversas fallas superficiales tales como son piel de cocodrilo, exudación, fisuras en bloque, fisuras longitudinales, desprendimientos y peladuras, ahuellamiento, fisuras transversales, perjudicando así la actividad normal del desarrollo de la zona.

Ante esta situación en el marco aplicativo y normativo, se aborda las variables: DIAGNÓSTICO DE LA CARPETA ASFÁLTICA y DISEÑO VIAL, que al operacionalizarlas y correlacionarlas respectivamente en la unidad de análisis, nos darán una nueva perspectiva en las ciencias de la Ingeniería Civil.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. GENERAL

¿Cuál es el diagnóstico de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Avenida Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016?

1.2.2. ESPECÍFICOS

A. ¿Cómo influye el diagnóstico superficial de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte

(Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016?

- B.** ¿Cuál es la propuesta estructural del pavimento flexible para la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

Determinar el diagnóstico de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Avenida Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016.

1.3.2. ESPECÍFICOS

- A.** Determinar la influencia del diagnóstico superficial de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016.
- B.** Determinar la propuesta estructural del pavimento flexible para la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), mediante la metodología AASHTO 1993, en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016.

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. METODOLÓGICA

Presenta justificación metodológica puesto que los resultados obtenidos como consecuencia de la investigación, colaborarán en servir como antecedente para posteriores investigaciones, en el campo de la planificación y ejecución de proyectos viales, enfocados en el diseño de pavimentos flexibles y que traten con las variables de: diagnóstico de la carpeta asfáltica y diseño vial.

1.4.2. SOCIAL

Tiene justificación social debido a que contribuirá una alternativa eficiente para enfrentar el disgusto y preocupación del inapropiado servicio de transitabilidad y el pésimo estado de la capa de rodadura de la vía en estudio, viéndose favorecidos los pobladores del distrito de Hualhuas.

1.4.3. AMBIENTAL

La Investigación se justifica ambientalmente porque la propuesta de diseño presentada, plantea hacer uso de los materiales de pavimento flexible existentes, in situ, para afrontar los problemas tales como explotación de canteras, evitando así también la masificación de los vertederos y contribuyendo a la disminución en el uso de materias primas naturales, viéndose favorecido el medio ambiente en general

1.5. DELIMITACIÓN

1.5.1. ESPACIAL

La investigación comprendió la ejecución de obras públicas viales – Av. Alfonso Ugarte, distrito de Hualhuas, con una población beneficiaria de 3,903 personas.

1.5.2. TEMPORAL

Se han recogido datos para la investigación principalmente entre el periodo comprendido de diciembre del 2016 a marzo del 2017.

1.6. LIMITACIÓN

1.6.1. ECONÓMICA

La limitación es económica puesto que, existen ensayos muy complejos y de costos elevados que determinan el diagnóstico del pavimento flexible con mayor exactitud, por lo que, se realizaron ensayos y se usaron metodologías que estuvieron accesibles a nuestra necesidad y realidad, pero que si son suficientes para determinar resultados confiables con respecto a la temática de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

1. Lozano, E. y Tabares, R. (2005), según su tesis, titulado: *Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al Barrio Ciudadela del Café – Vía la Badea*. Para optar el título de especialistas en vías y transporte de la Universidad Nacional de Colombia, Manizales – Colombia. Esta investigación es de tipo Cuantitativo y su diseño es Descriptivo, llegando a las siguientes conclusiones.

Considerando los conteos realizados, se encontró un TPD igual a 6.096 vehículos por día; el comportamiento en el sector es bien definido, el nivel de servicio es constante de clasificación E.

2. Rosales, L. y Soledispa, H. (2008), en la tesis cuyo título es: *Estudio Preliminar y Diseño de la Vía: Tramos Cerecita – Tamarindo 0+000-1+500 L= 1500 metros, Tamarindo – La Bajada de Progreso 0+000-1+300 L=1300 metros; con pavimento flexible (Método Marshall)*. Para optar el título de Ingeniero Civil, en la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador.

En este trabajo de investigación arribaron a las siguientes conclusiones: el tráfico promedio diario anual es importante para la clasificación de una carretera, el estudio de suelos es importante para determinar si el material sobre el que se va a trabajar (sub rasante) tiene un CBR óptimo; tener en cuenta información básica como calidad de materiales, tipo de mezclas asfálticas, para un buen diseño.

3. Sarmiento, J. y Arias, T. (2015), en la tesis titulada: *Análisis y diseño vial de la avenida Mártir Olaya ubicada en el distrito de Lurín del departamento de Lima*, para optar el título de Ingeniero Civil, en la facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima – Perú. En esta investigación se concluyó en que: la Av. Mártir Olaya evidencia deficiencias en su estructura y no cumple con las condiciones actuales del tráfico.

4. Gómez, S. (2014), en su tesis: *Análisis y diseño vial de la avenida Mártir Olaya ubicada en el distrito de Lurín del departamento de Lima*, para optar el título de Ingeniero Civil, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego. La Libertad – Perú. Esta investigación es de tipo Cuantitativa y su diseño es Descriptivo – Explicativo, ha podido llegar a las siguientes conclusiones: el diseño vial obedece a parámetros como el tránsito, propiedades mecánicas de los materiales, condiciones climáticas y de drenaje, niveles de serviciabilidad y confiabilidad; la estructura del pavimento según el Método AASHTO 1993 presenta la siguiente composición, carpeta asfáltica de 20 cm. base granular de 15 cm. y sub base de 30 cm.

5. Camposano, J. y García, K. (2012), en su tesis titulado: *Diagnóstico del estado situacional de la vía: Av. Argentina – Av. 24 de Junio por el método: Índice de Condición de Pavimentos- 2012*, para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana los Andes. Huancayo – Perú. Esta investigación es de tipo Cuantitativo y su diseño es Descriptivo.

Ésta investigación ha llegado a las siguientes conclusiones: las patologías encontradas en el diagnóstico fueron piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, abultamientos y hundimientos, corrugaciones, grieta de borde, grieta longitudinal y transversal, parcheo, pulimiento de agregados, huecos, ahuellamientos y desprendimiento de agregados; cuyas causas están relacionadas a la condición climática actual de la zona, la cargas del tránsito vehicular, materiales pétreos de baja calidad y un suelo con material inestable; el estado actual del pavimento según los rangos del Índice de Condición de Pavimentos nos arroja que se encuentra en estado REGULAR con un valor de PCI de 51; evidenciando que la vía se encuentra en condiciones de circulación normal, pero que perjudica el tránsito fluido de los vehículos.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ASPECTOS GENERALES

2.2.1.1. Pavimento

Montejo, (2002, p. 1), menciona que, un pavimento está conformado por distintas capas que se construyen parcialmente horizontales, los cuales están diseñados con materiales adecuados y debidamente compactados; técnicamente, cumplen también con los parámetros requeridos según su diseño.

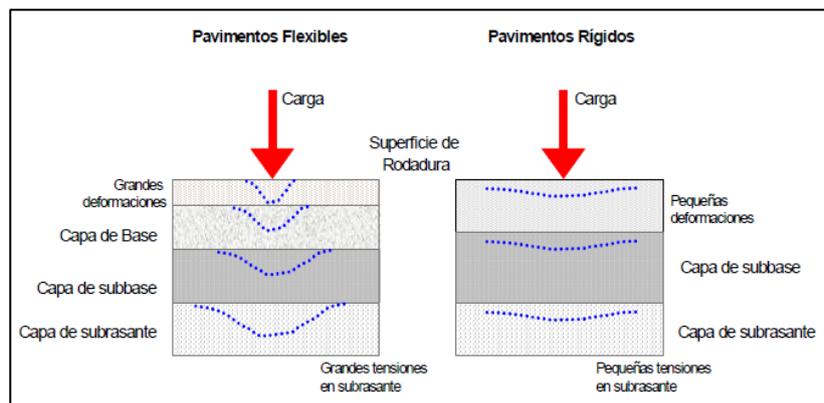
2.2.1.2. Características que debe reunir un pavimento

Según Montejo, (2002, p. 1), un pavimento necesita reunir los siguientes requerimientos: resistencia a cargas exigidas por el tránsito, resistencia ante los agentes de intemperismo, ofrecer una textura externa apta para las velocidades del tráfico vehicular, resistencia al desgaste de los neumáticos de los vehículos livianos y pesados, condiciones adecuadas de drenaje, el sonido de desplazamiento vehicular debe ser moderado, debe ser económico y tener un color apropiado, y ofrecer una conveniente seguridad al tránsito.

2.2.1.3. Clasificación de los Pavimentos

Según el Manual de Transportes y comunicaciones, en el Perú los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos y pavimentos rígidos.

FIGURA N°1: Comportamiento de Pavimentos Flexibles y Rígidos



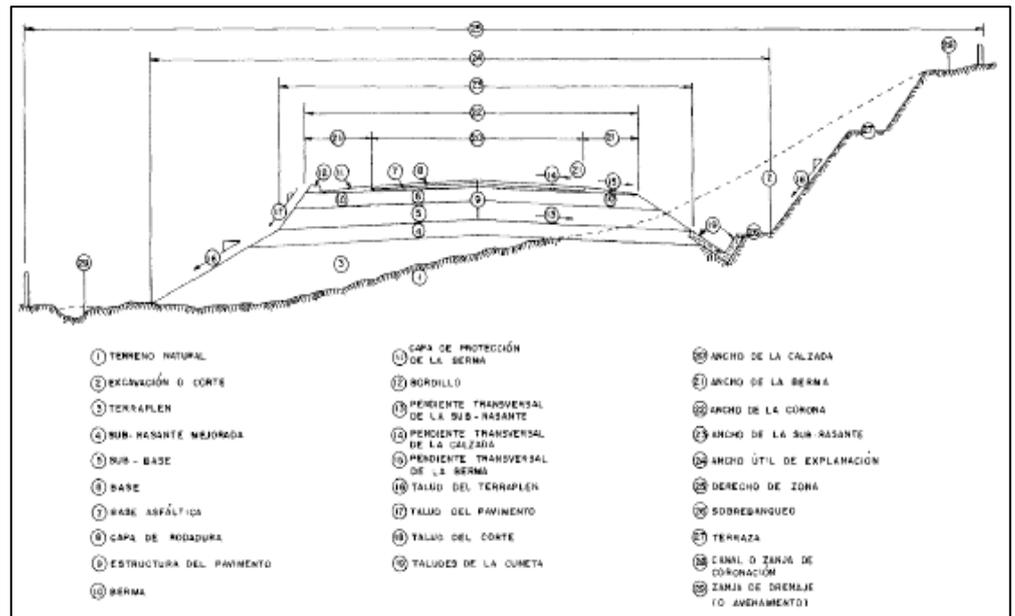
FUENTE: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

2.2.1.4. Pavimentos Flexibles

Para Montejo, (2002, p. 2), los pavimentos flexibles son llamados también pavimentos asfálticos, cuya estructura está formada por una capa o carpeta de material

bituminoso, apoyado usualmente arriba de dos capas no rígidas las que son: la base granular y la sub base granular, no obstante, puede omitirse de alguna de estas capas, dependiendo de las necesidades que presente el suelo.

FIGURA N°2: Sección común de un Pavimento



FUENTE: Ingeniería de Pavimentos

De acuerdo a los autores Torres y Quispe (2003), el pavimento está comprendido entre las capas de sub rasante y la superficie de rodamiento, cuya finalidad es la de proporcionar una superficie uniforme y compactas que resista las cargas del tránsito, resista a los agentes naturales de intemperismo y a cualquier otro agente que lo pueda perjudicar.

2.2.1.5. Composición de un Pavimento Flexible

✓ Sub Rasante

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), menciona que la capa de sub rasante es llamado también el terreno de fundación, sobre la cual se apoya

toda la estructura del pavimento flexible o asfáltico, para así soportar el total de cargas emitidas por el tránsito, que son transmitidas a través de las otras capas superiores, con el fin de, distribuir los esfuerzos en forma conveniente. Se considera un material óptimo de sub rasante a aquellos materiales que tienen un $CBR \geq 6\%$, y si viene a ser el caso que este valor sea menor, se realizará la estabilización del suelo.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), plantea también que la superficie de la capa de sub rasante deberá estar a un nivel tal, que supere el nivel freático que pueda presentar el suelo, teniendo un valor mínimo de 0.60 metros (si se tratase de una sub rasante excelente a muy buena, $CBR \geq 20\%$), si está a 0.80 metros (si se tratase de una sub rasante buena a regular, $6\% \leq CBR < 20\%$), si se encuentra a 1.00 metros (tratándose de una sub rasante pobre, $3\% \leq CBR < 6\%$); y a 1.20 metros (si es que la sub rasante está en un estado inadecuado con un valor de $CBR < 3\%$). Para aquellas zonas que se encuentren en los 4000 msnm, se tendrá en consideración el comportamiento del congelamiento frente a la napa freática, y la disposición del suelo al congelamiento.

TABLA N°1: Categorías de la capa de Sub Rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR $\geq 3\%$ A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR $\geq 6\%$ A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR $\geq 10\%$ A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR $\geq 20\%$ A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR $\geq 30\%$

FUENTE: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

✓ **Sub Base**

Para Festag (2002), la capa denominada sub base está ubicada entre la base y la sub rasante, cuya función es optar a la base de un cimiento estable y uniforme; el tipo de material para su utilización es la calidad promedio entre la base y la sub rasante; algunas veces ésta capa de sub base no es necesaria, siempre y cuando, se tratase de una sub rasante de capacidad de soporte alto. Su función principal es la de disminuir el espesor de la base, siendo éste un material de elevado costo, logrando así economizar los costos; cumple también función estructural transmitiendo las cargas hacia la sub rasante. El material de la sub base es más fina que la base, actuando como filtro y dren.

✓ **Base**

Según Montejo (2002), la base se localiza debajo de la superficie de rodadura; ésta capa es de alta densidad y estabilidad; su fin es repartir los esfuerzos producidos por las cargas vehiculares a la sub base, y que dichas cargas no sean tan grandes y posteriormente producir deformaciones excesivas hacia la sub rasante; debe cumplir también estándares para que no sea afectada por el agua capilar o alguna acción producida por las heladas. Refiriéndose al aspecto económico, ésta capa permite disminuir el espesor de la carpeta asfáltica, que a su vez es más costosa.

✓ **Superficie de Rodamiento**

Para Bravo (1976), la superficie de rodamiento está conformada por una mezcla asfáltica, que su composición dependerá de las características del tránsito de la zona, tipo de carretera y condiciones climáticas. Debe presentar también una superficie cómoda y segura, optimizando el color y textura, y

resistir los efectos del tránsito vehicular. Necesita ser impermeable, proporcionando protección a la capa consecutiva que es la base granular. Su función primordial es captar los esfuerzos horizontales y parte de los esfuerzos verticales; ésta capa es la más importante y costosa de todo el paquete estructural del pavimento.

2.2.1.6. Métodos de Diseño para Pavimentos Flexibles

Manual de Carreteras (2014), en la actualidad la ingeniería de caminos necesita mejorar los procedimientos de diseño de los pavimentos, con el fin de obtener óptimas estructuras para que así se reduzcan los costos de rehabilitación y mantenimiento de las mismas. Los procedimientos según el manual son los siguientes:

- ✓ Método AASHTO.
- ✓ Análisis de la performance durante el periodo de diseño.

- **Metodología AASHTO 1993**

Manual de Carreteras (2014), desarrollados de acuerdo a la performance del pavimento, cargas vehiculares y resistencia de la sub rasante; se necesitará calcular el Número Estructural requerido (SNr), para identificar los espesores de cada una de las capas del paquete estructural del pavimento, la vida útil o periodo de diseño serán de hasta 10 años para vías con volumen de tránsito bajo, y periodos de diseño desarrolladas en dos etapas de 10 años. La ecuación básica para diseñar la estructura del pavimento flexible es la siguiente:

ECUACIÓN N°1: Ecuación Básica de Diseño

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

FUENTE: Manual de Carreteras

Para la ecuación: SN (número estructural, son los espesores de la carpeta asfáltica), W18 (número acumulado de ejes equivalentes para el periodo de diseño, información obtenida a partir del estudio de tráfico realizado en campo), Zr (desviación estándar normal, para los datos de una distribución normal), So (error estándar por efecto de tráfico y comportamiento, valores comprendidos entre 0.40 y 0.50, siendo el óptimo para el manual de 0.45), ΔPSI (variación del índice de serviciabilidad, variando entre valores de 0 a 5, y representa la diferencia entre la serviciabilidad inicial y terminal), Mr (módulo resiliente de la subrasante donde se calcula la rigidez, cuyo dato se obtiene con el ensayo de resiliencia) y %R (confiabilidad, que representa la probabilidad de comportamiento de la estructura durante su periodo de diseño. Las siguientes tablas se utilizarán para determinar los valores estipulados:

TABLA N°2: Módulo Resiliente vs. CBR

CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (MPA)	CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M _r) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

FUENTE: Manual de Carreteras

TABLA N°3: Nivel de Confiabilidad para una etapa de Diseño (10 a 20 años), según el tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T _{P15}		>30'000,000	95%

FUENTE: Manual de Carreteras

TABLA N°4: Zr para una Etapa de Diseño (10 a 20 años), según confiabilidad y tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	-0.385
	TP1	150,001	300,000	-0.524
	TP2	300,001	500,000	-0.674
	TP3	500,001	750,000	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	TP9	7,500,001	10'000,000	-1.282
	TP10	10'000,001	12'500,000	-1.282
	TP11	12'500,001	15'000,000	-1.282
	TP12	15'000,001	20'000,000	-1.645
	TP13	20'000,001	25'000,000	-1.645
	TP14	25'000,001	30'000,000	-1.645
	TP15	>30'000,000		-1.645

FUENTE: Manual de Carreteras

TABLA N°5: Serviciabilidad Inicial (Pi), según tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.00
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.00
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.00
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.20
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.20
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.20
	TP15	>30'000,000		4.20

FUENTE: Manual de Carreteras

TABLA N°6: Serviciabilidad Final (Pt), según tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	2.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	2.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	2.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	3.00
	TP13	20'000,001	25'000,000	3.00
	TP14	25'000,001	30'000,000	3.00
	TP15	>30'000,000		3.00

FUENTE: Manual de Carreteras

TABLA N°7: Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI), según tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	1.80
	TP2	300,001	500,000	1.80
	TP3	500,001	750,000	1.80
	TP4	750 001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	1.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	1.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	1.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	1.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	1.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	1.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	1.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	1.20
	TP13	20'000,001	25'000,000	1.20
	TP14	25'000,001	30'000,000	1.20
	TP15	>30'000,000		1.20

FUENTE: Manual de Carreteras

Manual de Carreteras (2014), para lograr un Número Estructural Propuesto (SNR), se usan coeficientes de cada una de las capas, las que a su vez representan la resistencia relativa de los materiales granulares de cada capa. Para determinar el Número estructural se hará uso de la siguiente ecuación:

ECUACIÓN N°2: Cálculo de los espesores, basados en el SN

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Para la ecuación N°2; son los coeficientes estructurales de cada una de las capas de la composición del pavimento tales como capa superficial, base granular y sub base granular respectivamente (a_1 , a_2 y a_3), son los espesores medidos en centímetros de cada una de las capas como superficial, base granular y sub base granular respectivamente (D_1 , D_2 y D_3) y son los coeficientes de drenaje para la base granular y sub base granular respectivamente (m_2 y m_3).

TABLA N°8: Coeficientes estructurales de cada capa que presenta el Pavimento “a”

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25 mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considerapor no tener aporte estructural			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 10'000,000$ EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $> 10'000,000$ EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a_{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a_{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SUBBASE			
Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

FUENTE: Manual de Carreteras

TABLA N°9: Drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

FUENTE: Manual de Carreteras

TABLA N°10: Valores para el Coeficiente de Drenaje “m”, para materiales de bases y sub base no tratadas en pavimentos flexibles

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

FUENTE: Manual de Carreteras

2.2.2. ASPECTOS GENERALES DEL DIAGNÓSTICO DE LA CARPETA ASFÁLTICA A TRAVÉS DEL MÉTODO DEL PCI

2.2.2.1. DEFINICIÓN DE PCI

Camposano y García (2012), la estructura total del pavimento es dividida en secciones, y éstas a su vez en unidades de muestra, en las cuales a través de la inspección visual se miden el tipo y grado de severidad de las fallas; dicha información se realiza in situ. Posteriormente la información se usa para calcular el Índice de Condición de Pavimentos (PCI).

TABLA N°11: Rangos de Calificación

RANGO	CLASIFICACIÓN
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

FUENTE: ASTM International, D 6433-07

2.2.2.2. SIGNIFICADO Y USO

Según la ASTM International D 6433-07, el Índice de Condición de Pavimento es un indicador numérico que aporta una calificación a las condiciones superficiales de un pavimento, proporcionando las mediciones actuales, basados en la observación de fallas; nos indica también la integridad y condición operacional de su estructura. Cabe mencionar que este método no mide su capacidad estructural, tampoco proporciona efecto directo en el coeficiente de resistencia la fricción. Más bien brinda una base de datos objetiva y racional determinando así necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento. El continuo monitoreo del pavimento con este método logrará establecer el ritmo de deterioro de la vía, identificando así con las necesidades de rehabilitación mayores.

2.2.2.3. TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

Para la ASTM International D 6433-07, clasifica las fallas en 19 tipos, las que se exponen a continuación:

- **Piel de Cocodrilo**

Según la ASTM International D 6433-07, son grietas interconectadas debido a la presencia de grietas de fatiga en la rodadura del pavimento asfáltico, bajo acción de cargas de tránsito, se inicia en la base, donde inicialmente las grietas se propagan a la superficie y con repetidas cargas se van formando polígonos con ángulos agudos. En su mayoría el lado más grande de dicha pieza no sobrepasa los 0.60 m.

- **Exudación**

Según la ASTM International D 6433-07, es una superficie brillante en forma de película compuesto por material bituminoso que se presenta en la superficie del pavimento, la cual se origina por el exceso de aplicación de asfalto en la mezcla, sellante asfáltico o bajo contenido de vacíos de aire.

- **Agrietamiento en bloque**

Según la ASTM International D 6433-07, éstas dividen al pavimento en pedazos más o menos rectangulares las cuales están interconectadas en bloques de grietas, con tamaños que varían de 0.30 m x 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m. éstas se originan por la contracción del concreto asfáltico y debido a agentes climáticos como la temperatura.

- **Abultamientos y hundimientos**

Según la ASTM International D 6433-07, los abultamientos son mínimos desplazamientos hacia arriba que se encuentran en la superficie del pavimento, entre sus causas se puede mencionar al levantamiento de losas de concreto de cemento con una sobre carpeta de concreto asfáltico, a la expansión por congelación, e infiltración del material, conjuntamente con las cargas impuestas por el tránsito. Los hundimientos son desplazamientos que se dan hacia abajo, los cuales son pequeños y abruptos.

- **Corrugación**

Según la ASTM International D 6433-07, se presentan como cimas y depresiones muy constantes y próximas,

ubicándose a distancias menores de 3.0 m, en su mayoría son causados por la acción del tránsito a la que se suma la carpeta o base granular inestables.

- **Depresión**

Según la ASTM International D 6433-07, se observan con niveles levemente más bajos que el pavimento normal en su alrededor, una de sus principales causas es el asentamiento de la sub rasante, o su construcción incorrecta.

- **Grieta de borde**

Según la ASTM International D 6433-07, se ubican generalmente al borde exterior de la vía y están a una distancia de entre 0.30 m y 0.60 m aproximadamente, sus causas se asocian al debilitamiento de la capa de rodadura, debido a condiciones climáticas.

- **Grieta de reflexión de junta**

Según la ASTM International D 6433-07, ésta falla se observa solo si el pavimento ha sido construido sobre una losa de concreto de cemento portland, su causa principalmente es el movimiento de dicha losa de concreto, inducido por la humedad o la temperatura.

- **Desnivel carril/berma**

Según la ASTM International D 6433-07, es la diferencia de niveles que se presente entre el bode del pavimento flexible y la berma que la compone, su causa se asocia a la erosión de la berma, asentamiento de berma o colocación se sobre carpetas en la calzada, sin haberse ajustado el nivel de la berma, ésta falla sucede solo en pavimentos flexibles, puesto que si se

habla de pavimentos rígidos las falla desnivel carril/berma tiene otro nombre.

- **Gritas longitudinales y transversales**

Según la ASTM International D 6433-07, éstas son paralelas al eje del pavimento, sus causas son la construcción de juntas de carril pobremente diseñadas, también surgen a causa de la contracción de la superficie de concreto asfáltico. Las gritas transversales son aproximadamente perpendiculares al eje del pavimento y sus causas no están asociadas a las cargas emitidas por el tránsito.

- **Parqueo y acometidas de servicios públicos**

Según la ASTM International D 6433-07, un parqueo es considerado como un defecto, aun así, se comporte bien, el cual es un área del pavimento que ha sido remplazado por nuevo material.

- **Pulimento de agregados**

Según la ASTM International D 6433-07, a este tipo de falla se le asocia causas como la constancia en las cargas de tránsito, y es cuando el agregado que se encuentra en la superficie del pavimento flexible se vuelve suave al tacto, reduciendo así la adherencia del pavimento con los neumáticos del vehículo.

- **Huecos**

Según la ASTM International D 6433-07, ésta falla se expresa sobre la superficie del pavimento en forma de depresiones pequeñas con diámetros menores a 0.90 m. su crecimiento se acelera con la acumulación de

agua en la zona, y son producidos desde que el tráfico separa pedazos de la superficie del pavimento.

- **Cruce de vía férrea**

Según la ASTM International D 6433-07, son fallas a los cuales los defectos se encuentran asociados al cruce de vía férrea y se presentan como depresiones o abultamientos que se ubican alrededor o entre las rieles de la vía férrea de la zona.

- **Ahuellamiento**

Según la ASTM International D 6433-07, suele observarse con facilidad después de una lluvia puesto que el ahuellamiento son depresiones en la superficie del pavimento ocasionadas por las huellas de las ruedas de los vehículos, y éstas se observan al llenarse de agua; sus causas se asocian a las constantes deformaciones de alguna de las capas del pavimento o incluso puede tratarse de la sub rasante, producidos por movimiento lateral de los materiales pétreos ocasionados por las cargas del tránsito vehicular.

- **Desplazamiento**

Según la ASTM International D 6433-07, se presenta como un deslizamiento longitudinal y permanente que se localiza en la superficie del pavimento a causa de las cargas impuesta por el tránsito. Se presentan también cuando los pavimentos flexibles confinan pavimentos de concreto de cemento portland.

- **Grietas parabólicas**

Según la ASTM International D 6433-07, viene a ser el desplazamiento longitudinal y permanente de un área

ubicada en la superficie del pavimento flexible, y se debe a casusas producidas por el tránsito, y ésta falla solo se desarrolla en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables.

- **Hinchamiento**

Según la ASTM International D 6433-07, es una falla que se determina por pandeo hacia arriba que se localiza en la superficie del pavimento, su daño es causado en su mayoría por congelamiento de la subrasante o por ser desarrollados sobre suelos altamente expansivos.

- **Meteorización/desprendimiento de agregados**

Según la ASTM International D 6433-07, es el derrumbamiento y pérdida de la superficie de rodamiento del pavimento, ocasionado por la pérdida del ligante asfáltico, puede ser causado también por algunos tipos de tránsito, tales como el tránsito de maquinarias o vehículos sobre orugas.

2.2.2.4. HERRAMIENTAS

ASTM International D 6433-07, se utilizan sistemas de almacenamiento para la información, tales como las hojas de datos que se emplean en campo, que nos permiten registrar reportes importantes como el nombre del encargado de la inspección, la fecha, zona y ubicación, componentes, secciones del tamaño de muestra a emplear, tipos de fallas ubicadas, nivel o grado de severidad, cantidades de cada una de las fallas.

**TABLA N°12: Formato de Hoja para Pavimentos Flexibles
(Método de PCI)**

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA			
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR		FECHA	<input type="text"/>			
<input type="text"/>		<input type="text"/>				
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parqueo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

FUENTE: ASTM International D 6433-07.

- **Unidades de Muestreo:** Una vez seleccionada nuestra vía de estudio, se procederá a seccionar la vía en “Unidades de Muestreo”, valorándose y obedeciendo de acuerdo a los tipos de vía en la que se trabajará y de la capa de rodadura superficial.

**TABLA N°13: Longitudes de las Unidades de Muestreo
en Pavimentos Asfálticos**

ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO (M)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

FUENTE: ASTM International D 6433-07

2.2.3. ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO, DISEÑO VIAL

2.2.3.1. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, ENSAYOS DESTRUCTIVOS

Éstos son denominados métodos destructivos debido a, que deterioran la estructura del pavimento. El uso de los métodos directos, presentan una serie de desventajas a lo largo de todo su proceso; las cuales son: que la obtención de datos requiere mayor cantidad de tiempo, los costos son más elevados, generan mayores molestias en el desarrollo normal del tráfico, etc. Entre los métodos directos de auscultación estructural utilizados en la investigación se puede mencionar:

- ✓ Calicatas o pozos a cielo abierto.

- **Calicatas o pozos a cielo abierto**

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar, por lo tanto, es un método de exploración confiable, pero sacrifica la estructura del pavimento, puesto que se tendrá que romper dicha zona para su posterior excavación. El área que utilizan es más o menos un metro cuadrado (1m²), y la profundidad varía según las exigencias de la investigación, para ésta fue de 1.50 m.

Estas calicatas suelen realizarse, generalmente, centradas en la línea de borde de la carretera, frente a juntas o grietas.

FIGURA N°3: Calicata a Cielo Abierto



FUENTE: Bach. Kori Quiñones Paucar

2.2.3.2. MÉTODOS INDIRECTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, PROCEDIMIENTOS DE INGENIERÍA

Se le puede llamar métodos indirectos de evaluación estructural, a aquellos métodos con los cuales se logra determinar la capacidad estructural del pavimento, sin tener que dañar la estructura, dichos métodos se basan en hipótesis y modelos matemáticos.

- **ESTUDIO DE TRÁFICO VIAL**

Conocimiento de la demanda de tráfico para Estudios Manual de Carreteras (2014), esta información es importante para diseñar la estructura del pavimento y así mismo conocer la capacidad de los tramos viales, para saber los límites de volumen de tráfico, que soportará la estructura del pavimento durante un periodo de diseño para el cual fue diseñado. Se dará también los datos de Índice Medio Diario Anual (IMDA), para los diferentes

tramos viales, estos flujos estarán clasificados según tipo de vehículo y sentido del tráfico.

Demanda Proyectada

Según el Manual de Carreteras (2014), la previa información servirá como base al estudio de la proyección de la demanda, estableciendo así el número de Ejes Equivalentes (EE) para el diseño del pavimento.

✓ **Factor direccional y factor carril**

Manual de Carreteras (2014), es la relación que pertenece a la cantidad de vehículos pesados que fluyen en una sola dirección del tráfico, correspondiendo normalmente a la mitad del total de vehículos que circulan en las dos direcciones.

TABLA N°14: Factores de distribución direccional y de carril

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

FUENTE: Manual de Carreteras

✓ **Cálculo de tasas de crecimiento y proyección**

Manual de Carreteras (2014), se obtiene haciendo uso de la fórmula de progresión geométrica por

separado: tanto para el componente de tránsito de vehículos de carga como también para el componente del tránsito de vehículos de pasajeros.

**ECUACIÓN N°3: Tránsito proyectado en año,
veh/día**

$$T_n = T_o (1+r)^{n-1}$$

Para la ecuación: T_n es el tránsito proyectado al año “n” en veh/día, T_o es el tránsito actual en veh/día, “n” es el número de años del periodo de diseño y “r” es la tasa anual del crecimiento del tránsito, la cual está definida en correlación al tránsito con la dinámica de crecimiento socio-económico.

TABLA N°15: Factores de crecimiento acumulado para el cálculo de EE

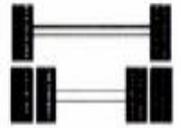
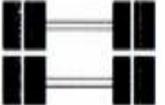
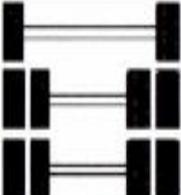
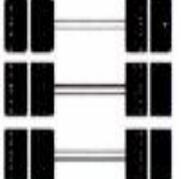
Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

FUENTE: Manual de Carreteras

✓ **Número de repeticiones de ejes equivalentes (EE)**

Manual de Carreteras (2014), las consecuencias del tránsito se miden por una unidad por el Método AASHTO, tal como ejes equivalentes acumulados en el periodo de diseño. Y para su cálculo se utilizarán relaciones simplificadas.

TABLA N°16: Configuración de los ejes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Grafico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

FUENTE: Manual de Carreteras

Para el Manual de Carreteras (2014), para el cálculo se utilizarán relaciones simplificadas, que vienen a ser el resultado de la correlación de los valores de las Tablas de la Guía AASHTO 1993, para los distintos Ejes de los vehículos pesados, versus el tipo de pavimento.

TABLA N°17: Relación de cargas por Ejes, para determinar los EE en Pavimentos flexibles

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8,2 tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	EE _{S1} = [P / 6.6] ^{4.0}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	EE _{S2} = [P / 8.2] ^{4.0}
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P / 14.8] ^{4.0}
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P / 15.1] ^{4.0}
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P / 20.7] ^{3.9}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P / 21.8] ^{3.9}
P = peso real por eje en toneladas	

FUENTE: Manual de Carreteras

Se presentan a continuación valores de factores de vehículos, los cuales son ejemplos.

TABLA N°18: Factor de vehículos pesados

Rango de Cargas por Eje (Toneladas)	Cantidad de Ejes Pesados en Balanza para 165 Vehículos Pesados	Factor de Equivalencia por Eje (EE Por Eje)	EE (Ejes Equivalentes)
Eje Simple			
< 1.4	0	0.0002	0.00
1.4 - 3.2	1	0.005	0.01
3.2 - 3.6	6	0.032	0.19
3.6 - 5.4	144	0.087	12.53
5.4 - 7.3	16	0.360	5.76
7.3 - 13.6	1	5.389	5.39
Eje Tandem			
< 2.7	0	0.010	0.00
2.7 - 5.4	14	0.010	0.14
5.4 - 8.2	21	0.044	0.92
8.2 - 10.9	44	0.148	6.51
10.9 - 11.8	42	0.426	17.89
13.6 - 14.5	44	0.753	33.13
14.5 - 14.8	21	0.885	18.59
14.8 - 15.4	101	1.002	101.20
15.4 - 16.3	43	1.230	52.89
		Sumatoria EE	255.15

FUENTE: Manual de Carreteras

Nos plantean también que su diseño vial corresponderá a un carril que será identificado como el que soporta mayor carga vehicular.

TABLA N°19: Factor de ajuste por presión de llantas 8 Fp para EE

Espeso de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contaco del Neumático (PCN) en psc PCN = 0.90x(Presión de inflado del neumático) (pai)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.30	1.80	2.13	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Nota:

- EE = Ejes Equivalentes
- Presión de inflado del neumático (Pin): esta referido al promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.
- Presión de Contacto del neumático (PCN): igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículos pesado.
- Para espesores menores de capa de rodadura asfáltica, se aplicará el factor de ajuste igual al espesor de 50 mm.

Fuente: Elaboración propia, en base a correlaciones con la figura IV-4 EAL Adjustment Factor for Tire Pressures del Manula MS-1 del Instituto de Asfalto

FUENTE: Manual de Carreteras

Se tomará en cuenta también que para el cálculo del total de Ejes Equivalentes se tendrá en consideración el factor presión de los neumáticos,

para así distinguir el efecto adicional de deterioro que se produce sobre el pavimento.

TABLA N°20: EE de 8.2 tn en el carril de diseño para pavimentos flexibles

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T _{P0}	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T _{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T _{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T _{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE
T _{P15}	> 30'000,000 EE

FUENTE: Manual de Carreteras

Para determinar los valores de factores de presión de llantas se utilizarán los siguientes valores en caso de no obtener un valor exacto, se procederá a interpolar logrando un valor confiable.

2.3. BASES LEGALES

La investigación se regula de acuerdo a normas técnicas, leyes, artículos y reglamentación, correspondiente a las variables tales como diagnóstico de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible y otros ensayos de vital importancia, a continuación, se detallan las normas utilizadas:

- ✓ Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos Urbanos.
- ✓ Norma Técnica Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
- ✓ Norma técnica MTC E 1002 - 2000 Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Manual de ensayo de materiales (EM - 2000).
- ✓ Norma ASTM International Designation D 6433 – 07.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.4.1. BASE

Según Morales, Chávez y López (2009), es una capa eficientemente compactada, ubicada debajo de la superficie de rodadura, la cual es fundamental para cumplir la función estructural del pavimento, cuya función principal es la de transmitir las cargas producidas por el tráfico, hacia las capas posteriores.

2.4.2. CAPA DE RODAMIENTO

Para Morales et al. (2009), para los pavimentos flexibles, la capa de rodamiento está conformada por un material pétreo, al cual se le adhiere un producto asfáltico, cuya finalidad es la de servir como aglutinante.

2.4.3. CAPA DE SUB-BASE

Morales et al. (2009), es una capa eficientemente compactada, la cual la componen materiales naturales o triturados, posee especificaciones poco restrictivas en cuanto a su plasticidad, gradación y capacidad de soporte, tiene la función principal de aportar aporte estructural al pavimento, reduciendo también el traslado de los agregados finos de las capas inferiores.

2.4.4. CAPACIDAD DE UNA VÍA

Para Montejo (2002), es el total y máximo de vehículos que podrán transitar por una determinada vía, y en un periodo de tiempo estipulado, esto se da para pavimentos flexibles, rígidos y semi rígidos.

2.4.5. CAPAS DE RELLENO O MATERIAL SELECTO

Según Morales et al. (2009), son capas compactadas consistentemente que tiene procedencias naturales o algunos son sometidos a modificaciones mínimas previo a su uso en campo, estos materiales poseerán mejores condiciones y propiedades que los de la sub rasante, y cuyo fin es alejar las cargas emitidas por el tráfico de la sub rasante mediante una capa con material de menor costo que las capas de sub base y base.

2.4.6. CBR (California Bearing Ratio)

Para Morales et al. (2009), el porcentaje de CBR es la carga requerida para producir una cierta penetración en el suelo con un pistón estándar, que es expresada en porcentaje de la carga requerida para introducir un pistón a esa misma profundidad en una piedra triturada seleccionada.

2.4.7. COEFICIENTE ESTADÍSTICO DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)

Manual de Carreteras (2014), es el valor de Confiabilidad, seleccionado para datos de distribución normal, que se usa en el diseño de los pavimentos flexibles.

2.4.8. CONFIABILIDAD (%R)

Manual de Carreteras (2014), es la probabilidad que necesita la estructura de un pavimento, para que esta se comporte durante todo su periodo de vida útil para el que fue diseñado, y esta en

función a la acción de los factores que están influenciados a la estructura del pavimento.

2.4.9. DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA (So)

Manual de Carreteras (2014), es el valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito vehicular y de los otros factores que afectan el comportamiento y funcionamiento del pavimento.

2.4.10. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)

Manual de Carreteras (2014), es la condición que llega a alcanzar una vía al final, ya que para tal caso se necesitará plantear algún tipo de rehabilitación o reconstrucción de la misma.

2.4.11. SERVICIABILIDAD INICIAL (po)

Manual de Carreteras (2014), condición que presenta una vía recientemente construida.

2.4.12. MÓDULO DE RESILIENCIA (Mr)

Manual de Carreteras (2014), es una medida de la rigidez que presenta la capa de la sub rasante, el cual se determinará mediante un ensayo de resiliencia.

2.4.13. NIVEL DE SERVICIO

Para Montejo (2002), es aquella medida que te proporciona la calidad del flujo de tránsito que circula por la vía, se mide por factores de velocidad, tiempo recorrido, interrupciones en el tránsito, libertad de manejo, seguridad y costos de operación.

2.4.14. NÚMERO ACUMULADO DE EJES EQUIVALENTES

Manual de Carreteras (2014), es el número de repeticiones de ejes equivalentes expresados en toneladas, la que se establece, con la

información concerniente del tráfico vehicular que circula por una determinada vía.

2.4.15. PAVIMENTO

Para Morales et al. (2009), es aquel sistema que está compuesto por diferentes capas de materiales, que tienen propiedades mecánicas y espesores que son determinados de acuerdo al tráfico vehicular, reduciendo así las cargas que se producen y que se transmiten a la sub rasante.

2.4.16. PAVIMENTO FLEXIBLE

Según Montejo (2002), son pavimentos conformados por una carpeta asfáltica que se encuentra apoyada en la mayoría de casos sobre dos capas no rígidas (base y sub base), para el cual se puede despreciarse cualquiera de éstas dos capas, esto dependerá de las necesidades que se presente en cada suelo del pavimento, y del diseño que se le proporcione.

2.4.17. SUB RASANTE

Morales et al. (2009), estructura de terreno natural sobre el cual se apoyará toda la estructura del pavimento, no obstante, ésta capa no forma parte de la estructura en sí del pavimento, peor es muy importante su capacidad de soporte ya que este valor afectará directamente para la selección de las posteriores capas del diseño.

2.4.18. VEHÍCULOS LIVIANOS

Para Montejo (2002), los vehículos livianos son los que tienen pesan menos de 5 toneladas; para lo cual podemos mencionar a los siguientes, automóviles, camionetas, etc.

2.4.19. VEHÍCULOS COMERCIALES

Según Montejo (2002), son aquellos vehículos que pesan más de 5 toneladas; como, por ejemplo: camiones, buses, etc.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS GENERAL

El diagnóstico de la carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Avenida Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, se encuentra en mal estado, para el cual se plantea un nuevo diseño eficiente.

3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- A.** El diagnóstico superficial de la carpeta asfáltica influye considerablemente para el diseño vial del pavimento flexible: Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, ya que se encuentra deteriorado con presencia de fallas en todo el tramo.

- B.** La propuesta estructural del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, tiene los espesores de las capas (Capa asfáltica, base granulas y sub base granular) que cumplen con el diseño según la metodología AASHTO 1993.

3.3. VARIABLES

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Diagnóstico de la carpeta asfáltica.

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Diseño vial.

3.3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

(Por favor, pasar a los siguientes cuadros)

VARIABLE DEPENDIENTE: DIAGNÓSTICO DE LA CARPETA ASFÁLTICA

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS																
<p>Conceptualmente se define como es un procedimiento ordenado, sistemático, para conocer, para establecer de manera clara una circunstancia, a partir de observaciones y datos concretos. El diagnóstico conlleva siempre una evaluación, con valoración de acciones en relación con objetivos. Todo ello relacionado a una vía.</p>	<p>Operacionalmente se define como un estado situacional actual real a partir de datos y observaciones concretas, es una evaluación con una valoración de acciones con relación a un objetivo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de condición de Pavimentos (Método del PCI) 	<ul style="list-style-type: none"> • Valores establecidos por el Método del Índice de Condición de Pavimentos. 	<p>Se cuantifica en milímetros rangos de calificación del PCI.</p> <table border="1" data-bbox="1630 571 2007 1002"> <thead> <tr> <th>RANGO</th> <th>CLASIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100-85</td> <td>Excelente</td> </tr> <tr> <td>85-70</td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>70-55</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>55-40</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>40-25</td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>25-10</td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>10-0</td> <td>Fallado</td> </tr> </tbody> </table>	RANGO	CLASIFICACIÓN	100-85	Excelente	85-70	Muy Bueno	70-55	Bueno	55-40	Regular	40-25	Malo	25-10	Muy Malo	10-0	Fallado
RANGO	CLASIFICACIÓN																			
100-85	Excelente																			
85-70	Muy Bueno																			
70-55	Bueno																			
55-40	Regular																			
40-25	Malo																			
25-10	Muy Malo																			
10-0	Fallado																			

VARIABLE INDEPENDIENTE: DISEÑO VIAL

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
<p>Se define conceptualmente como la técnica de la ingeniería civil que consiste en determinar los espesores de las capas de la estructura de un pavimento, las condiciones para desarrollar son muchas; entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales y urbanísticos.</p>	<p>Operacionalmente se define como una evaluación técnica y económica para determinar los espesores de cada capa que compone un pavimento flexible, los cuales obedecerán a diferentes estudios necesarios tales como: estudio de mecánica de suelos, estudio de Índice de tráfico y otros necesarios si así se dispone.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Metodología AASHTO 1993 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Empleo de desarrollo del estudio de tráfico de la zona, para determinar el W8.2 requerido para el diseño. 	<p>Se cuantifica mediante ensayos que determinan las propiedades físico - mecánicas de los materiales para mezcla asfáltica, asimismo el contenido y pureza del asfalto, pero se califica en base a controles tolerancias y requerimientos establecidos en la norma CE.010 Pavimentos urbanos.</p> <p>Se cuantifica en rangos de las variables para la ecuación básica para el diseño e la estructura del pavimento las que son: módulo de resiliencia (Mr), número acumulado de ejes simples equivalentes (W8.2), confiabilidad (%R), coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Zr), desviación estándar combinada (So), índice de serviciabilidad presente (PSI), y el número estructural propuesto (SNR)</p>

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. TIPO

El tipo de investigación de acuerdo a las variables propuestas, el objetivo general y objetivos específicos de la investigación es de tipo: APLICADA o TECNOLÓGICA.

4.2. NIVEL

El nivel de la investigación es DESCRIPTIVO – EXPLICATIVO.

4.3. DISEÑO

El diseño que se utilizó en el trabajo de investigación es CORRELACIONAL; de acuerdo a los indicadores: Índice de Condición de Pavimento (PCI), para

la variable: DIAGNÓSTICO DE LA CARPETA ASFÁLTICA, asimismo el indicador metodología AASTHO 1993 para la variable DISEÑO VÍAL.

4.4. MÉTODO

4.4.1. GÉNERAL

En el presente trabajo de investigación se utilizó el MÉTODO CIENTÍFICO como método general.

4.4.2. ESPECÍFICO

Se utilizó el: MÉTODO CUANTITATIVO, en razón que los datos obtenidos, se tratan de datos numéricos y susceptibles de medición e interpretación, por ser datos categoriales y que se someterán a un análisis estadístico, es decir, determinar cuál es el diagnóstico y diseño vial del pavimento flexible: Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016. Asimismo mediante la metodología del índice de condición del pavimento se evaluó el estado de la vía en estudio a fin de proponer un diseño idóneo estructural y económico para su reconstrucción, correspondiendo al problema general planteado de la investigación.

4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

4.5.1. POBLACIÓN

La aplicación del trabajo de investigación tiene como población la carpeta asfáltica de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas.

4.5.2. MUESTRA

El tipo de muestra es NO PROBABILÍSTICO, DIRIGIDO o POR CONVENIENCIA, conformado por un grupo de ensayo destructivos y procedimientos de ingeniería, según el siguiente detalle:

- ✓ Metodología del Índice de Condición de pavimentos (PCI)
- ✓ Metodología AASHTO 1993.
- ✓ Estudio de tráfico Vehicular
- ✓ Estudio a cielo abierto de cinco (5) calicatas.

4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.6.1. TÉCNICAS

En primer lugar, se tuvo en cuenta el análisis documental, donde se consideraron las fuentes bibliográficas, de resumen, de párrafo; que nos sirvieron para estructurar el marco teórico referencial y conceptual. Asimismo, se tuvo presente las no documentadas como son los: certificados de los ensayos destructivos y procedimientos de ingeniería, y la ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en los ensayos. En relación a la naturaleza del trabajo de investigación se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos

4.6.2. INSTRUMENTOS

El instrumento que se aplicó en la unidad de análisis fueron principalmente los certificados de los ensayos destructivos, procedimiento de ingeniería y las fichas de organización, sistematización e interpretación de datos obtenidos en los ensayos, que figura en el anexo correspondiente.

TABLA N°21: Técnicas e Instrumentos de investigación

TÉCNICA	INSTRUMENTO	DATOS QUE SE OBSERVARON
ENSAYOS	Certificado de ensayos destructivos	Con la aplicación de estos instrumentos (05 calicatas) nos permitieron: analizar y evaluar mediante la exploración de ensayos destructivos aquellos aspectos del método de diseño, requerimiento de las propiedades mecánicas del material a emplearse y control de espesores de la estructura de los pavimentos flexibles
	Procedimientos de Ingeniería	Con la aplicación de estos instrumentos (Método del Índice de Condición de Pavimentos, estudio de tráfico) nos proporcionan información observacional del estado actual de la vía, los cuales evidencian la presencia de fallas a lo largo de todo el tramo en estudio (piel de cocodrilo, grietas longitudinales y transversales, huecos, parches, desprendimiento de agregados, etc.) debido a la acción de cargas vehiculares a través del tiempo en la vía Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo.
EVALUACIÓN	Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en los ensayos.	Al analizar los certificados de los ensayos destructivos y procedimientos de ingeniería es necesario organizar y tabular los datos obtenidos con el fin de realizar su evaluación técnica y su procesamiento estadístico e interpretación.

FUENTE: Elaboración propia

4.6.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

- **Microsoft Excel:** Para exportar cuadros y datos estadísticos de los resultados y datos obtenidos de los ensayos destructivos y procedimientos de ingeniería.
- **Microsoft Word:** Para la elaboración de la parte descriptiva de las fichas Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en los ensayos.
- **AutoCAD:** Para establecer la localización, delimitación, puntos de investigación y área de influencia del proyecto.
- **S10:** Para obtener el presupuesto del Diseño Vial del Pavimento Flexible del tramo en estudio, mejorando y estabilizando su base granular.

4.6.4. CRITERIOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

El documento se adjunta en los anexos. Como validación y confiabilidad del instrumento siendo visados y aprobados por cada entidad y opiniones de expertos en el tema.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. CARACTERÍSTICAS, IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA VÍA

El diagnóstico de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo, está basada en la evaluación y calificación del pavimento, determinado por el procedimiento de ingeniería basado en el levantamiento de fallas a través del Método del PCI (Índice de Condición de Pavimentos) y en los ensayos destructivos que consisten en la exploración de calicatas a cielo abierto, realizados en la vía en mención, desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+417.52.

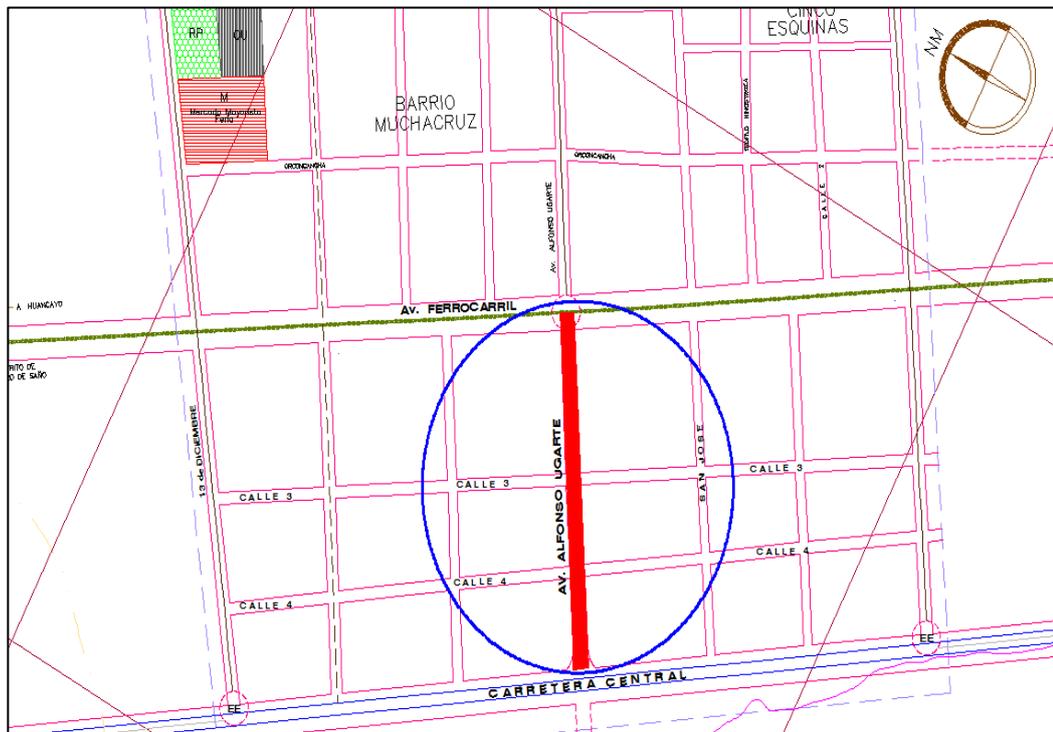
En la tabla N°22 se muestra las características generales de la vía en estudio.

TABLA N°22: Datos generales de la vía en estudio

Tramo	Desde la Carretera Central hasta la Av. Ferrocarril.
Nombre de la vía	Avenida Alfonso Ugarte
Longitud total de la vía	1+940.36
Distrito	Hualhuas
Provincia	Huancayo
Departamento	Junín
Número de Carriles	2
Clasificación de la vía	Local
Ancho de vía	8.00 m
Tipo de terreno	Plano y semi ondulado
Tipo de superficie	Pavimento flexible
Km inicial del tramo en estudio	0+000
K final del tramo en estudio	0+417.52

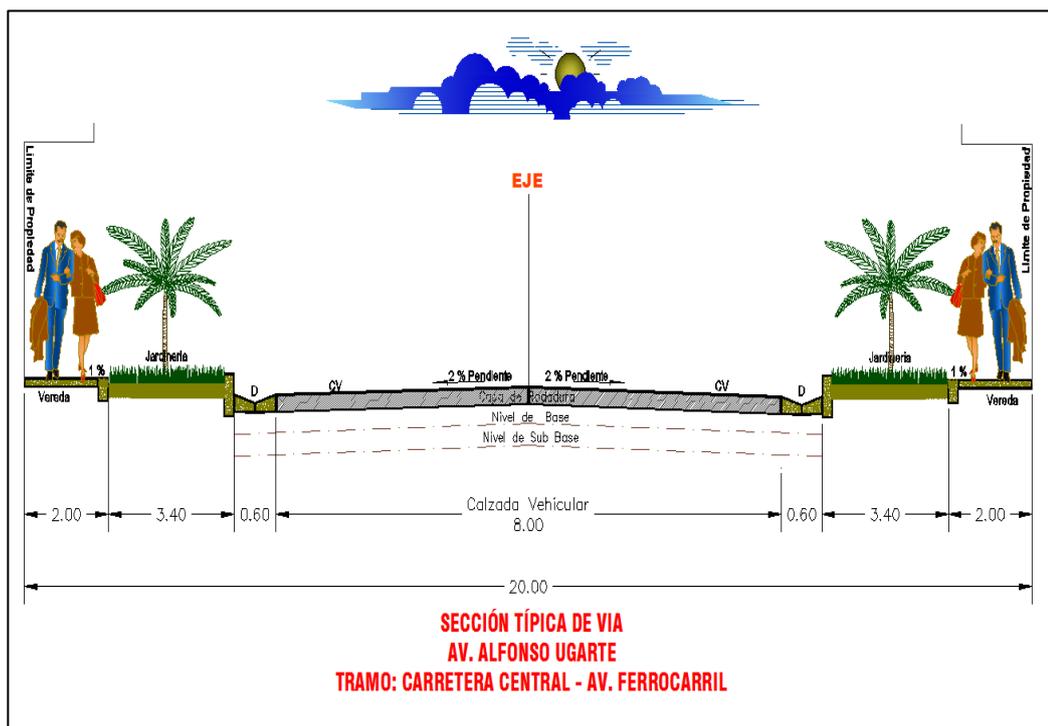
FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°4: Esquema de localización de la vía en estudio



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°5: Sección Transversal de la vía en estudio



FUENTE: Elaboración propia

TABLA N°23: Datos generales de la Sección Transversal de la Vía en Estudio

VEREDAS	2.00 m.	Ambos lados
JARDÍN	3.40 m.	Ambos lados
DRENAJE	0.60 m.	Ambos lados
CALZADA	8.00 m.	

FUENTE: Elaboración propia

5.2. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y PROCEDIMIENTOS DE INGENIERÍA

Durante la investigación se realizaron cinco (5) muestras, que consisten en cinco (5) calicatas a cielo abierto; para la realización de ensayos de mecánicas de suelos. Asimismo, se ha desarrollado el levantamiento de fallas In Situ con el motivo de obtener el Índice de Condición de Pavimento de la citada vía en investigación.

Por otro lado, se presenta el resumen del estudio de tráfico tomado por siete días durante 24 horas (de 25/01/2017 al 31/01/2017) a fin de obtener el total de ejes equivalentes (W8.2).

En las siguientes tablas se muestran las fotografías de los ensayos técnicos realizados tales como las calicatas a cielo abierto, levantamiento de fallas por el método de Índice de Condición de Pavimentos (PCI) y estudio de tráfico (Conteo vehicular).

Tabla N°24: Calicata a Cielo Abierto en el Punto de Investigación N°01

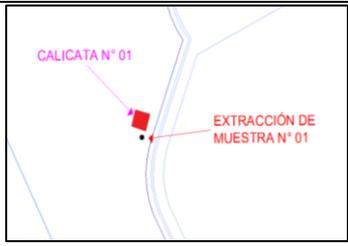
N° DE PRUEBA	PROGRESIVA KM	LADO
1	0+000	DERECHO
FOTOGRAFÍA – UBICACIÓN DEL PUNTO DE INVESTIGACIÓN		
		

Tabla N°25: Calicata a Cielo Abierto en el Punto de Investigación N°02

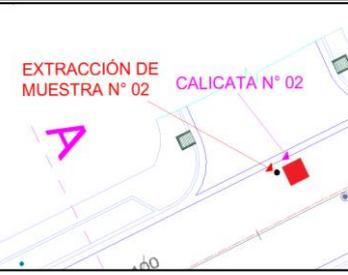
N° DE PRUEBA	PROGRESIVA KM	LADO
2	0+114	IZQUIERDO
FOTOGRAFÍA – UBICACIÓN DEL PUNTO DE INVESTIGACIÓN		
		

Tabla N°26: Calicata a Cielo Abierto en el Punto de Investigación N°03

N° DE PRUEBA	PROGRESIVA KM	LADO
3	0+224	DERECHO
FOTOGRAFÍA – UBICACIÓN DEL PUNTO DE INVESTIGACIÓN		



Tabla N°27: Calicata a Cielo Abierto en el Punto de Investigación N°04

N° DE PRUEBA	PROGRESIVA KM	LADO
4	0+310	IZQUIERDO
FOTOGRAFÍA – UBICACIÓN DEL PUNTO DE INVESTIGACIÓN		
		

Tabla N°28: Calicata a Cielo Abierto en el Punto de Investigación N°05

N° DE PRUEBA	PROGRESIVA KM	LADO
5	0+400	DERECHO
FOTOGRAFÍA – UBICACIÓN DEL PUNTO DE INVESTIGACIÓN		
		

En la tabla N°29 se muestra los ensayos que se realizaron en cada punto de investigación, a través de las calicatas a cielo abierto, correspondientes a las determinadas capas de la estructura del pavimento flexible, con el fin de analizar sus propiedades mecánicas y verificar su cumplimiento con los requerimientos de la norma CE 010 Pavimentos Urbanos.

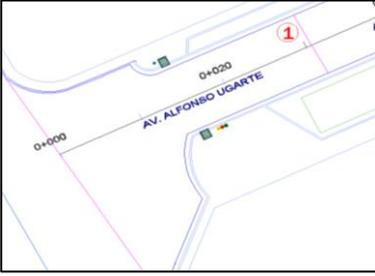
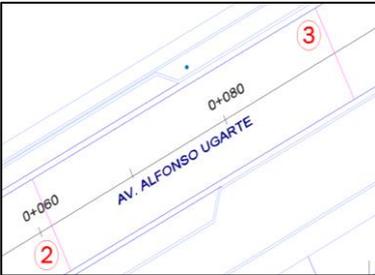
TABLA N°29: Ensayos destructivos con Calicatas

ENSAYOS DESTRUCTIVOS A TRAVÉS DE CALICATAS DE EXPLORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS DE CAPA ASFÁLTICA CORRESPONDIENTE A CADA PUNTO DE INVESTIGACIÓN			
N° DE PRUEBA	PROGRESIVA KM	CAPAS	ENSAYOS TÉCNICOS REALIZADOS
1-2-3-4-5	0+000 0+114 0+224	BASE	GRANULOMETRÍA – NTP 339.128 (99)
			LÍMITES DE ATTERBERG – NRTP 339. 129 (99)
			PRÓCTOR MODIFICADO – ASTM (D-1557)
			CBR – MTC-E-132-2000
	0+310 0+400	SUB BASE	GRANULOMETRÍA – NTP 339.128 (99)
			LÍMITES DE ATTERBERG – NRTP 339. 129 (99)
			PRÓCTOR MODIFICADO – ASTM (D-1557)
			CBR – MTC-E-132-2000
		SUB RASANTE	GRANULOMETRÍA – NTP 339.128 (99)
			LÍMITES DE ATTERBERG – NRTP 339. 129 (99)
			PRÓCTOR MODIFICADO – ASTM (D-1557)
			CBR – MTC-E-132-2000

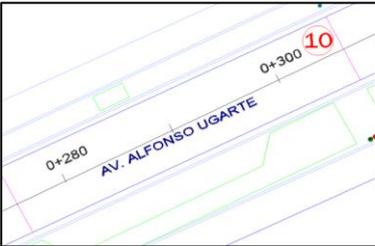
En la tabla N°30 se muestra el levantamiento de fallas, realizado en campo por el método de Índice de Condición de Pavimentos (PCI), con el fin de obtener el diagnóstico actual del pavimento flexible de la vía en estudio.

Para el cual se dividió en trece (13) unidades de muestreo.

Tabla N°30: Levantamiento de Fallas – Método del PCI

N° DE MUESTRA	PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN
1	0+000 - 0+031.5	
		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 1 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, depresiones, grietas, parches, huecos, ahuellamientos y desprendimiento de agregados.</p>
2	0+031.5 – 0+063.0	
		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 2 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, grieta de borde, grietas, parches, huecos y desprendimiento de agregados.</p>
3	0+063.0 – 0+094.5	
		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 3 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, depresiones, grietas, parches, ahuellamientos y desprendimiento de agregados.</p>
4	0+094.5 – 0+126.0	
		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 4 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, depresiones, grietas, parches, huecos, y desprendimiento de agregados.</p>
5	0+126.0 – 0+157.5	

		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 5 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, depresiones, grietas, parches, huecos, ahuellamientos, grietas parabólicas y desprendimiento de agregados.</p>
<p>6</p>	<p>0+157.5 – 0+189.0</p>	
		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 6 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, grietas de borde, grietas longitudinales y transversales, parches y desprendimiento de agregados.</p>
<p>7</p>	<p>0+189.0 – 0+220.5</p>	
		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 7 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, depresiones, grietas, parches, ahuellamientos, grietas parabólicas y desprendimiento de agregados.</p>
<p>8</p>	<p>0+220.5 – 0+252.0</p>	
		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 8 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, grietas longitudinales y transversales, parches, ahuellamientos y desprendimiento de agregados.</p>
<p>9</p>	<p>0+252.0 – 0+283.5</p>	

		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 9 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, grietas longitudinales y transversales, parches, pulimento de agregado, ahuellamientos y desprendimiento de agregados.</p>
<p>10</p>	<p>0+283.5 – 0+315.0</p>	
		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 10 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, grietas longitudinales y transversales, parches, hueco, ahuellamientos y desprendimiento de agregados.</p>
<p>11</p>	<p>0+315.0 – 0+346.5</p>	
		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 11 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, grietas de borde, longitudinales y transversales, parches, ahuellamientos y desprendimiento de agregados.</p>
<p>12</p>	<p>0+346.5 – 0+378.0</p>	
		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 12 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como piel de cocodrilo, grietas longitudinales y transversales, parches, ahuellamientos y desprendimiento de agregados.</p>
<p>13</p>	<p>0+378.0 – 0+409.5</p>	

		<p>Se realizó el levantamiento de fallas de la muestra 13 en la cual se encontraron muchas fallas en el pavimento tales como, grietas longitudinales y transversales y parches,.</p>
---	--	--

En la tabla N°31 se muestra el estudio de tráfico, que se realizaron durante siete (7) días, por 24 horas cada día (del 25/01/2017 al 31/01/2017) a fin de obtener el total de ejes equivalentes (W8.2). Lo mencionado se detalla en los siguientes cuadros.

TABLA N°31: Estudio de Tráfico

EJES EQUIVALENTES POR DÍA (ESTUDIO DE TRÁFICO)			
DÍA		W8.2	DESCRIPCIÓN
<p>MIÉRCOLES 25/01/2017</p>		<p>1'773,215.56</p>	<p>Se realizó el conteo de tráfico por las 24 horas del día empezando desde las 00:00 horas</p>
<p>JUEVES 26/01/2017</p>		<p>1'509,455.10</p>	<p>Se realizó el conteo de tráfico por las 24 horas del día empezando desde las 00:00 horas</p>

<p>VIERNES 27/01/2017</p>		<p>1'374,242.06</p>	<p>Se realizó el conteo de tráfico por las 24 horas del día empezando desde las 00:00 horas</p>
<p>SÁBADO 28/01/2017</p>		<p>1'285,581.28</p>	<p>Se realizó el conteo de tráfico por las 24 horas del día empezando desde las 00:00 horas</p>
<p>DOMINGO 29/01/2017</p>		<p>975,268.56</p>	<p>Se realizó el conteo de tráfico por las 24 horas del día empezando desde las 00:00 horas</p>
<p>LUNES 30/01/2017</p>		<p>1'574,469.44</p>	<p>Se realizó el conteo de tráfico por las 24 horas del día empezando desde las 00:00 horas</p>
<p>MARTES 31/01/2017</p>		<p>2'172,189.07</p>	<p>Se realizó el conteo de tráfico por las 24 horas del día empezando desde las 00:00 horas</p>

De los ensayos realizados se presentan continuación los siguientes cuadros, en los cuales está especificado el resumen de los datos obtenidos en campo y laboratorio de mecánica de suelos

TABLA N°32: Resumen de ensayos de Mecánica de Suelos

RESUMEN DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS													
CALICATA	UBICACIÓN	MUESTRA	CLASIFICACIÓN		% HUMEDAD	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	PROCTOR MODIFICADO		CBR (%)		NIVEL FREÁTICO
			SUCS	AASHTO					DENSIDAD SECA	% DE HUMEDAD	100%	95%	
C-1	0+000.00	M-1	CL	A-6 (7)	12.00	31.80	18.90	12.90	1.75	16.00	16.97	11.64	NP.
C-2	0+114.00	M-2	CL	A-6 (8)	13.00	34.80	21.20	13.60	1.78	15.50	18.82	12.46	NP.
C-3	0+224.00	M-3	CL	A-6 (7)	11.30	35.50	23.20	12.30	1.76	14.80	17.86	11.75	NP.
C-4	0+310.00	M-4	CL	A-6 (5)	10.00	32.70	20.00	12.70	1.75	15.00	17.34	11.96	NP.
C-5	0+400.00	M-5	CL	A-6 (7)	13.50	31.70	20.00	11.70	1.78	14.50	17.35	10.66	NP.

NP. No presenta

FUENTE: Certificados de los ensayos realizados en la empresa CIAA Santa Cruz S.C.R.L.

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar

TABLA N°33: Resumen del Índice de Condición de Pavimentos (Métodos del PCI)

RESUMEN DE INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS (PCI)										
PROGRESIVAS	SECCIONES	MAX CDV	PCI	CALIFICACIÓN						
				EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO
0+000	SECCION 1	68	32,00					X		
0+031,50	SECCION 2	53,5	46,50				X			
0+063,00	SECCION 3	83	17,00						X	
0+094,50	SECCION 4	78	22,00						X	
0+126,00	SECCION 5	74	26,00					X		
0+157,50	SECCION 6	66	34,00					X		
0+189,00	SECCION 7	91,5	8,50							X
0+220,5	SECCION 8	71,05	28,95					X		
0+252,00	SECCION 9	64	36,00					X		
0+283,50	SECCION 10	72,5	27,50					X		
0+315,00	SECCION 11	58,5	41,50				X			
0+346,50	SECCION 12	49,5	50,50				X			
0+378,00	SECCION 13	26,5	73,50		X					

FUENTE: Levantamiento de fallas para la determinación del índice de condición del pavimento (PCI).

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar

TABLA N°34. Ejes Equivalentes del Estudio de Tráfico

EJES EQUIVALENTES POR DÍA (ESTUDIO TRÁFICO)		
DÍA	W8.2	W8.2 (MILLONES)
MIÉRCOLES 25/01/2017	1 773 215,56	1,77E+06
JUEVES 26/01/2017	1 509 455,10	1,51E+06
VIERNES 27/01/2017	1 374 242,06	1,37E+06
SÁBADO 28/01/2017	1 285 581,28	1,29E+06
DOMINGO 29/01/2017	975 268,56	9,75E+05
LUNES 30/01/2017	1 574 469,44	1,57E+06
MARTES 31/01/2017	2 172 189,07	2,17E+06

FUENTE: Estudio de tráfico.

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar

5.3. PROCESAMIENTO DE DATOS

De la presentación de datos obtenidos, se ha calculado el Índice de Condición de Pavimento (PCI) promedio, obteniéndose el valor de 34,15; la cual al ser contrastada con los rangos de calificación del PCI, obtenemos que la vía se encuentra en un estado MALO, es decir requiere su rehabilitación o construcción. Lo mencionado se detalla en el siguiente cuadro.

TABLA N°35: Índice de Condición de Pavimentos Flexibles

RESUMEN DE INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS (PCI)										
PROGRESIVAS	SECCIONES	MAX CDV	PCI	CALIFICACIÓN						
				EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO	MUY MALO	FALLADO
0+000	SECCION 1	68	32,00					X		
0+031,50	SECCION 2	53,5	46,50				X			
0+063,00	SECCION 3	83	17,00						X	
0+094,50	SECCION 4	78	22,00						X	
0+126,00	SECCION 5	74	26,00					X		
0+157,50	SECCION 6	66	34,00					X		
0+189,00	SECCION 7	91,5	8,50							X
0+220,5	SECCION 8	71,05	28,95					X		
0+252,00	SECCION 9	64	36,00					X		
0+283,50	SECCION 10	72,5	27,50					X		
0+315,00	SECCION 11	58,5	41,50				X			
0+346,50	SECCION 12	49,5	50,50				X			
0+378,00	SECCION 13	26,5	73,50		X					
	Promedio		34,15					X		
	Dev. Estandar		16,50							

FUENTE: Cuadro N.°35.

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar.

Asimismo, se ha llegado a ponderar los valores de ejes equivalentes resultantes del estudio de tráfico, obteniéndose un valor de W8.2 de 1,52E+06; considerando en el rango de Rango de tráfico pesado un TP6. Lo mencionado se detalla en el siguiente cuadro.

TABLA N°36: Ejes Equivalentes (EE) para el Diseño Vial

EJES EQUIVALENTES POR DÍA (ESTUDIO TRÁFICO)		
DÍA	W8.2	W8.2 (MILLONES)
MIÉRCOLES 25/01/2017	1 773 215,56	1,77E+06
JUEVES 26/01/2017	1 509 455,10	1,51E+06
VIERNES 27/01/2017	1 374 242,06	1,37E+06
SÁBADO 28/01/2017	1 285 581,28	1,29E+06
DOMINGO 29/01/2017	975 268,56	9,75E+05
LUNES 30/01/2017	1 574 469,44	1,57E+06
MARTES 31/01/2017	2 172 189,07	2,17E+06
W8.2 (PROMEDIO)	1 523 488,72	1,52E+06
W8.2 (DESVIACIÓN ESTÁNDAR)	379 778,77	3,80E+05

FUENTE: Cuadro N.°36.

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar.

5.4. EVALUACIÓN DE DATOS

5.4.1. EVALUACIÓN DE DATOS PARA EL PROBLEMA GENERAL

Con respecto a la problemática siguiente: ¿Cuál es el diagnóstico de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016?, en base a los indicadores técnicos, se realiza el procedimiento estadístico de regresión lineal para los valores de PCI y CBR, verificando su grado de correlación $R=0,8839$ (Mayor que coeficiente correlación medio de 0.5) es decir las sub variables de diagnóstico de la carpeta asfáltica de la vía en estudio

a través del PCI y CBR, se relacionan e influyen en un porcentaje de 88.39%.

Asimismo, de la contrastación a los problemas específicos A y B, se establece; que el diagnóstico superficial de la carpeta asfáltica de la vía y la mejor propuesta estructural a nivel de diseño tienen un alto grado de correlación. Lo mencionado se detalla a continuación.

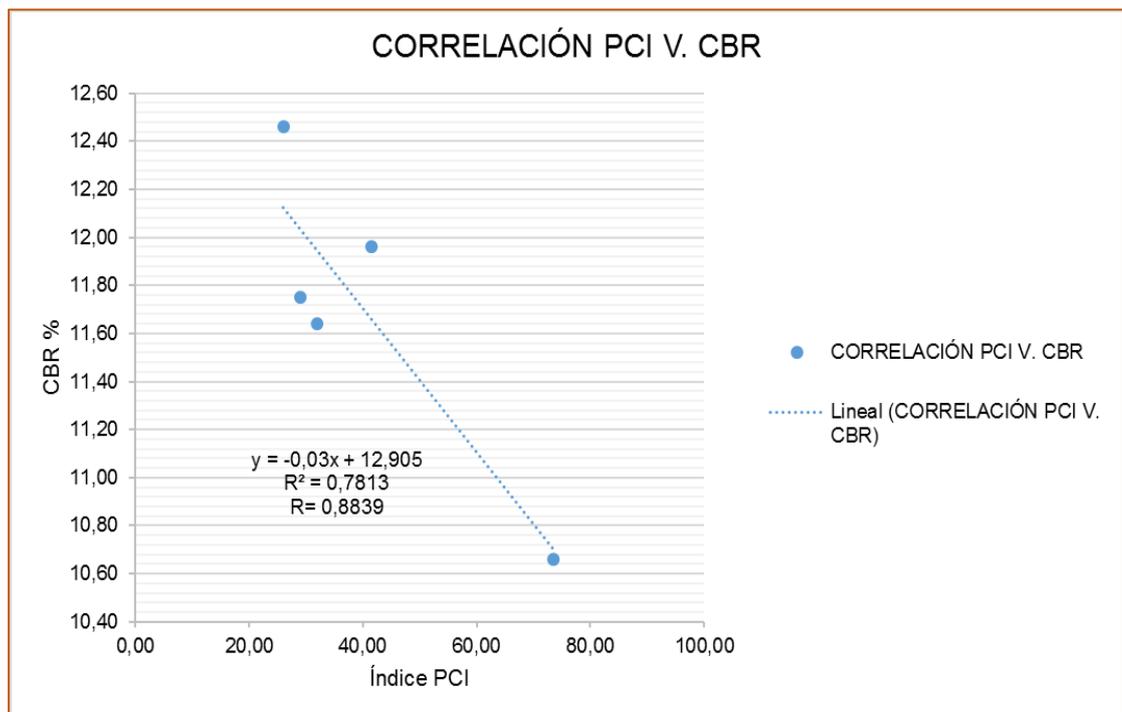
TABLA N°37: Correlación PCI vs. CBR

CORRELACIÓN PCI VS. CBR				
PROGRESIVAS	PCI	CALICATA	UBICACIÓN	CBR 95% 95%
0+000	32,00	C-1	0+000.00	11,64
0+126,00	26,00	C-2	0+114.00	12,46
0+220,5	28,95	C-3	0+224.00	11,75
0+315,00	41,50	C-4	0+310.00	11,96
0+378,00	73,50	C-5	0+400.00	10,66

FUENTE: Cuadros N.°34 Y N °37

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar.

FIGURA N°6: Correlación PCI vs. CBR



FUENTE: Cuadros N.°34 Y N °37

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar.

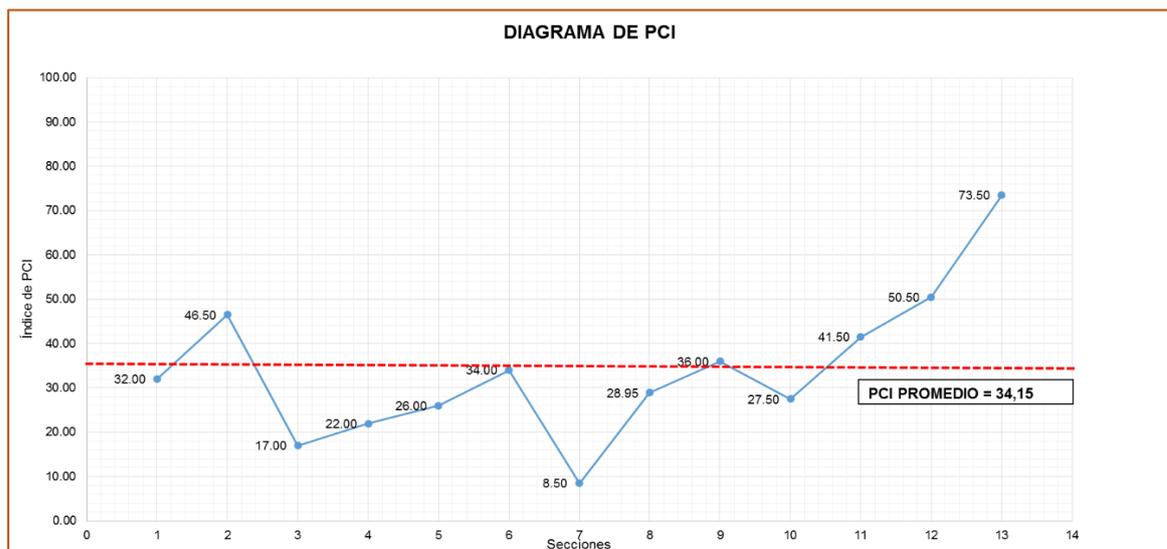
Del análisis y evaluación correspondiente a los cuadros mostrados se determina en base a un sustento técnico lo siguiente.

Hipótesis General: El diagnóstico de la carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas 2016, se encuentra en mal estado, para el cual, se plantea un nuevo diseño eficiente. Las variables se relacionan considerablemente de forma positiva, en un porcentaje de 88.39%, planteando a través de ello, que la vía debe reconstruirse con un número estructural de 3.08.

5.4.2. EVALUACIÓN DE DATOS PARA EL PROBLEMA ESPECÍFICO “A”

Con respecto la problemática siguiente: ¿Cómo influye el diagnóstico superficial de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016?, se realiza los siguientes gráficos (diagramas e histogramas) donde se consignan los valores de índice de Condición de Pavimento, de los trece (13) tramos parcelados, precisando el valor promedio ponderado. Además, se establece su valor porcentual.

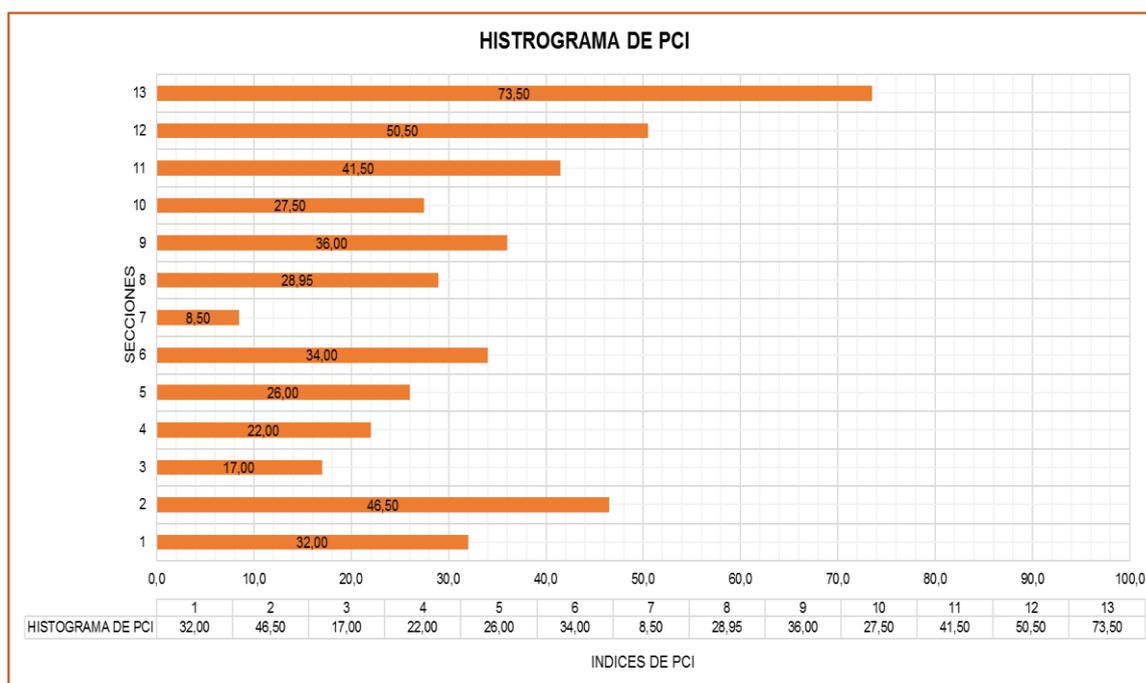
FIGURA N°7: Diagrama del PCI



FUENTE: Cuadro N.º07

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar.

FIGURA N°8: Histograma del PCI



FUENTE: CUADRO N.°36.

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar.

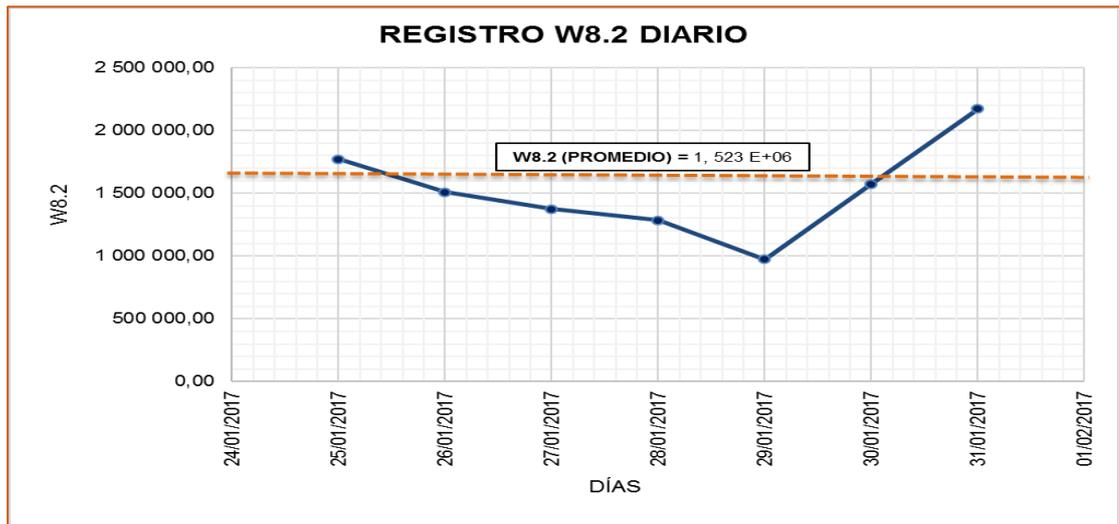
Del análisis y evaluación correspondiente al cuadro y gráficos mostrados se determina en base a un sustento técnico lo siguiente.

Hipótesis Específica “A”: El diagnóstico superficial de la carpeta asfáltica influye considerablemente para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, ya que se encuentra deteriorado con presencia de fallas en todo el tramo, reportando un valor de deterioro superficial del 34.15, siendo calificado la vía como MALO, es decir requiere su rehabilitación o construcción.

5.4.3. EVALUACIÓN DE DATOS PARA EL PROBLEMA ESPECÍFICO “B”

Con respecto a la problemática siguiente: ¿Cuál es la propuesta estructural del pavimento flexible para la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016?, se realizó el gráfico de registro diario e histograma del W8.2, identificando los picos de mayor demanda de carga vehicular. Lo mencionado se detalla en el siguiente cuadro.

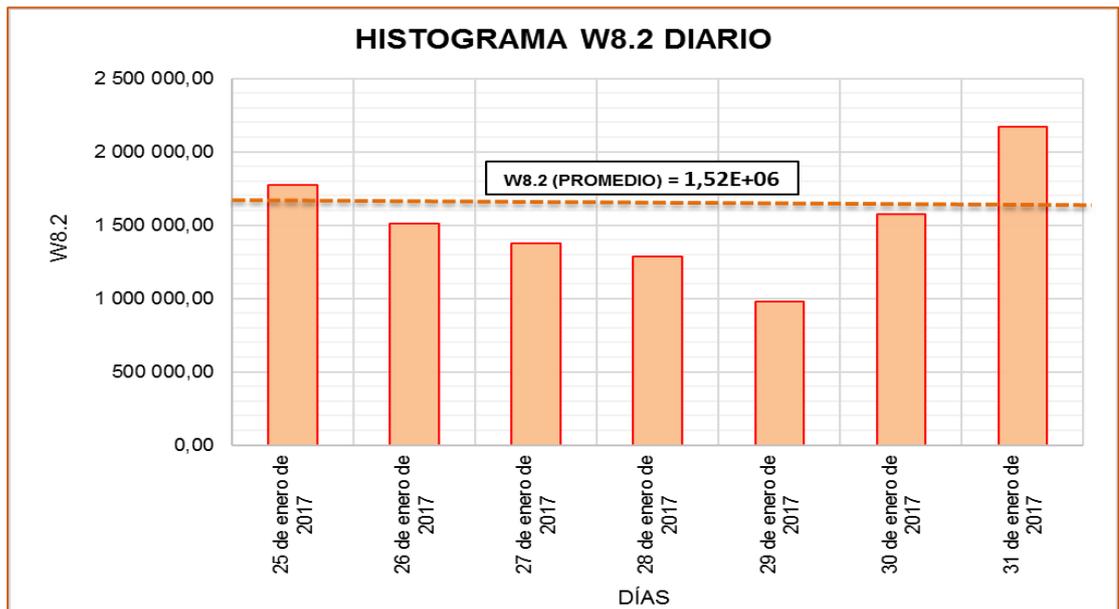
FIGURA N°9: Registro W8.2 diario



FUENTE: Cuadro N.°38

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar.

FIGURA N°10: Histograma W8.2 diario



FUENTE: Cuadro N.°08.

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar.

Teniendo el W8.2 promedio de $1.52E+06$, se procede a diseñar el paquete estructural del pavimento flexible, a través de la metodología AASTHO 1993, teniendo como factores, el CBR de diseño de 10.66% (considerando el menor valor obtenido en las calicatas - Caso crítico),

cuyo valor de Módulo Resiliencia de 11 615, 66 PSI, la cual se obtiene de la correlación MR del cuadro n.º 12.5 Modulo Resiliente; obtenido por correlación con CBR del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC); valor de confiabilidad de 85% según el cuadro 12.6 Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC), valor de coeficiente estadístico de desviación Estándar Normal Z_r de -1.036 , obtenido del cuadro n.º 12.8 de la referido Manual, Desviación Estándar combinada S_o de 0.45, según lo recomendado por el referido Manual y un índice de Serviciabilidad Presente de 1.5 (Diferencia de la Serviciabilidad Inicial y la Serviciabilidad Final), cuyos valores fueron corroborados del cuadro 12.10 y 12.11 del respectivo Manual.

TABLA N°38: Valores para el diseño vial

CBR DE DISEÑO	CBR	10.66
MÓDULO DE RESILIENCIA	MR	11,615.66
TOTAL, DE EJES EQUIVALENTES	W8.2	1'532,488.72
CONFIABILIDAD	%R	85
COEFICIENTE ESTADÍSTICO DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL	Z_r	-1.036
DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA	S_o	0.45
VARIACIÓN DE SERVICIABILIDAD	Δ PSI	1.5
SERVICIABILIDAD INICIAL	P_i	4
SERVICIABILIDAD FINAL	P_t	2.5

FUENTE: Cuadros N.º03 Y Nº08

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar.

Por consiguiente, con el Software *Ecuación AASTHO 93*, se calculó el valor del Número Estructural (SN) de 3.08.

- Disgregando los espesores de capas de la estructura del pavimento flexible de forma convencional de la siguiente forma: sub base de 30 cm, base 20 cm y carpeta asfáltica de 5 cm.
- Por otro lado, posteriormente se propone reciclar y estabilizar con porcentaje de cemento, la base y sub base granular existente de la vía en estudio, disgregando el indicado paquete estructural en las siguientes capas: base de 35 cm (reciclado de 50% de material de cantera y 50% de material existente más 2% de estabilización con cemento) y carpeta asfáltica de 5 cm.

6.4.3.1. Determinación del número estructural del pavimento flexible de la vía en estudio (SN)

Para determinar el valor del número estructural (SN) se hará uso del programa “Ecuación AASHTO 93”, ingresando los datos requeridos obtenidos del estudio de tráfico y del Manual de Carreteras – Sección Suelos y Pavimentos 2014; por lo consiguiente se obtiene un SN = 3.08.

FIGURA N°11: Determinación del Valor del Número Estructural para el Diseño Vial

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window with the following data:

- Tipo de Pavimento:** Pavimento flexible, Pavimento rígido
- Confiability (R) and Standard Deviation (So):** 85 % Zr=-1.037, So = 0.45
- Serviciabilidad inicial y final:** PSI inicial = 4, PSI final = 2.5
- Módulo resiliente de la subrasante:** Mr = 11615.66 psi
- Información adicional para pavimentos rígidos:**
 - Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): []
 - Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): []
 - Coefficiente de transmisión de carga - (J): []
 - Coefficiente de drenaje - (C_d): []
- Tipo de Análisis:** Calcular SN, Calcular w₁₈
- W₁₈ =** 1 523 488,72
- Número Estructural:** SN = 3.08
- Buttons:** Calcular, Salir

FUENTE: Cuadro N°09

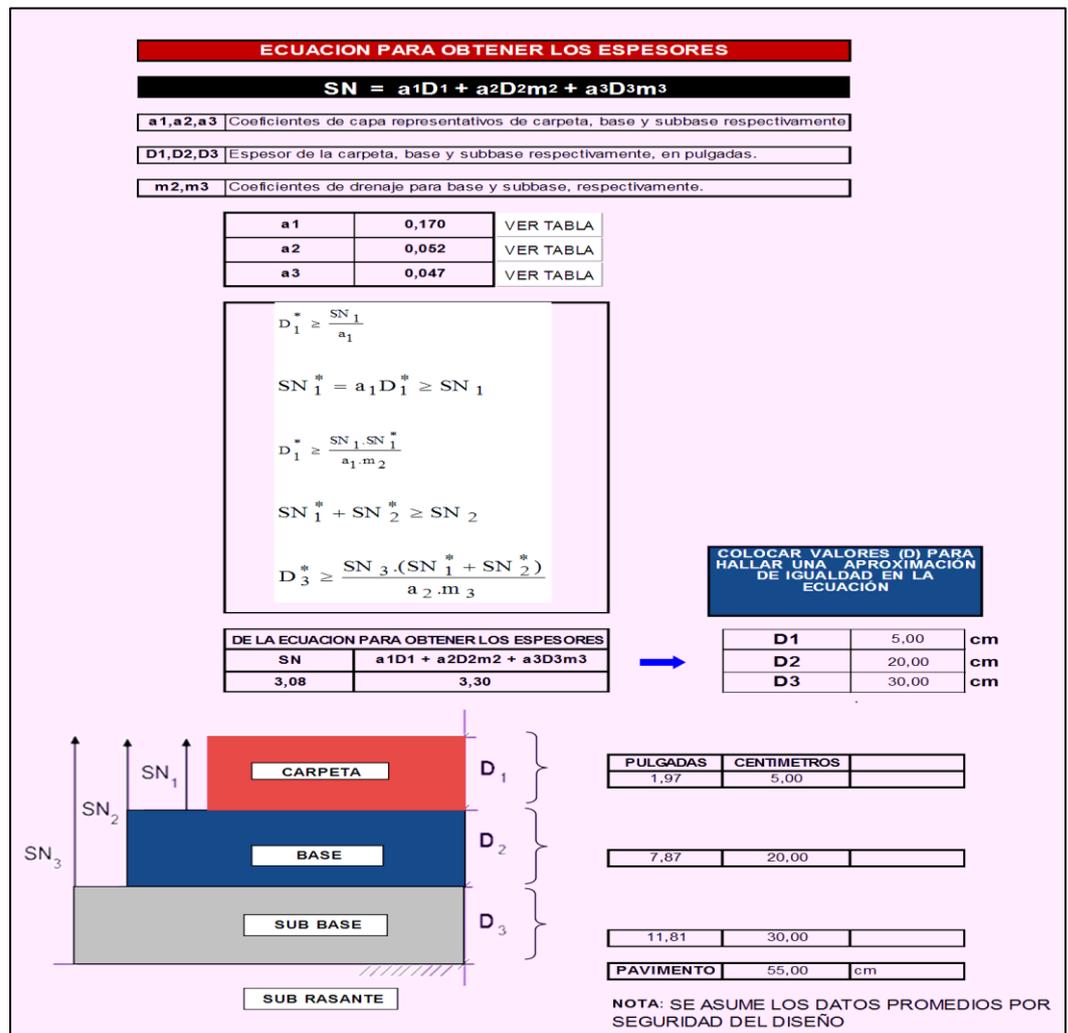
HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar.

6.4.3.2. Cálculo de los espesores del Pavimento según Metodología AASHTO 1993 (convencional)

Se realiza el cálculo de los espesores del nuevo diseño del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), obedeciendo el número estructural obtenido anteriormente SN= 3.08.

La metodología a emplearse será la del AASHTO 1993, de manera convencional.

FIGURA N°12: Obtención de los espesores de las capas del Pavimento Flexible



FUENTE: Gráfico N°05

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar.

El paquete estructural del nuevo pavimento flexible será de: carpeta asfáltica de 5 cm., base de 20 cm. Y sub base de 30 cm.

6.4.3.3. Cálculo de los espesores del pavimento según Metodología AASHTO 1993 (con propuesta de base granular reciclada y estabilizada con cemento)

Para realizar el cálculo de los espesores del pavimento con la propuesta alternativa es necesario determinar el número estructural (SN) sólo de la base granular y subbase granular, puesto que la propuesta alternativa se desarrollará para estas capas.

TABLA N°39: Determinación del Número Estructural por cada capa del Pavimento

$$S_n = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Datos:

D1	5cm	a1	0.17	m2	1
D2	20cm	a2	0.052	m3	1
D3	30cm	a3	0.047		

Por lo tanto:

SN1	CARPETA ESFALTICA	0.85		
SN2	BASE	1.04	SN DE MATERIAL GRANULAR	2.45
SN3	SUB BASE	1.41		

En la tabla se muestra la Ecuación General para calcular el SN de un pavimento, el cual los valores de D1, D2, D3, a1, a2, a3, m2 y m3; se obtienen del Manual de Carreteras.

Por consiguiente, disgregado la Ecuación General, se obtienen los valores de SN de cada capa estructural; logrando así un SN= 2.45 para la base granular y subbase granular.
Calculo del espesor de la capa estabilizada (D2)

CASO 1- 50% material de cantera y 50% material existente

TRAMOS			CASO 1 (50MP y 50 MZ)								VERIFICACIÓN DEL SN			
			% DE CEMENTO								SN req contrato	SN req proyect	SN propuest o	STATUS
			1.00%		1.50%		2.00%		2.50%					
N°	Del Km	al Km	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)				
1	0+000	0+417.52	0.053	46.4	0.059	41.5	0.072	34.0	0.081	30.4	2.45	2.45	2.45	CUMPLE

CASO 2- 44% material de cantera y 56% material existente

TRAMOS			CASO 2 (44MP y 56 MZ)								VERIFICACIÓN DEL SN			
			% DE CEMENTO								SN req contrato	SN req proyect	SN propuest o	STATUS
			1.00%		1.50%		2.00%		2.50%					
N°	Del Km	al Km	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)				
1	0+000	0+417.52	0.051	47.9	0.055	44.5	0.061	40.1	0.067	36.6	2.45	2.45	2.45	CUMPLE

CASO 3- 33% material de cantera y 67% material existente

TRAMOS			CASO 1 (33MP y 67 MZ)								VERIFICACIÓN DEL SN			
			% DE CEMENTO								SN req contrato	SN req proyect	SN propuest o	STATUS
			1.00%		1.50%		2.00%		2.50%					
N°	Del Km	al Km	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)				
1	0+000	0+417.52	0.049	49.8	0.052	46.8	0.057	42.9	0.062	39.4	2.45	2.45	2.45	CUMPLE

CASO 4- 20% material de cantera y 80% material existente

TRAMOS			CASO 1 (20MP y 80 MZ)								VERIFICACIÓN DEL SN			
			% DE CEMENTO								SN req contrato	SN req proyect	SN propuest o	STATUS
			1.00%		1.50%		2.00%		2.50%					
N°	Del Km	al Km	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)	a2	D2 (cm)				
1	0+000	0+417.52	0.047	51.9	0.050	49.0	0.054	45.1	0.059	41.5	2.45	2.45	2.45	CUMPLE

Resumen de todos los casos con el espesor calculado y el real.

TRAMOS 1 0+000 - 0+417.52			ESPESOR DE CAPA							
			% DE CEMENTO							
			1.00%		1.50%		2.00%		2.50%	
Casos	Materiales (%)		D2 calcu	D2 real	D2 calcu	D2 real	D2 calcu	D2 real	D2 calcu	D2 real
	Cantera	Existente								
1	50%	50%	46.4	50.0	41.5	45.0	34.0	35.0	30.4	35.0
2	44%	56%	47.9	50.0	44.5	45.0	40.1	45.0	36.6	40.0
3	33%	67%	49.8	50.0	46.8	50.0	42.9	45.0	39.4	40.0
4	20%	80%	51.9	55.0	49.0	50.0	45.1	50.0	41.5	45.0

Datos para Evaluación Económica:

Rendimiento de la recicladora por día: Ida por el carril izquierdo y retorno por el carril derecho, para un camino de 8.00m de ancho.

Costo de Recicladora (Tabla 01)

Espesor de Reciclado (cms)	Ancho de Vía (ml)	Rendimiento (kms/día)	Jornada (horas)	Rendimiento (ml/hora)	Costo de Recicladora por hm (S/.)	Volumen que puede Reciclar en una hora (m3)	Costo por m3 Reciclado (S/.)
0.35	8	0.4	8	50.0	668.51	140.00	4.78
0.30	4.5	0.8	8	100.0	668.51	135.00	4.95
0.25	4.5	1.2	8	150.0	668.51	168.75	3.96
0.20	4.5	1.4	8	175.0	668.51	157.50	4.24
0.18	4.5	1.5	8	187.5	668.51	151.88	4.40
0.16	4.5	1.6	8	200.0	668.51	144.00	4.64
0.14	4.5	1.7	8	212.5	668.51	133.88	4.99

Costo x cada 0.10 m de recarga estructural: S/.17.00

Peso unitario compactado del reciclado: 2.04 ton/m3 2040 kg/m3

Costo de cada bolsa de cemento: S/. 22.50

Esponjamiento del reciclado: 30%

Costo por m3 de Recarga Granular Zarandeado de Cantera (Tabla 02)

Espesor de Recarga (ml)	Ancho de Vía (ml)	Costo por ml de Recarga (S/.)	Costo por m3 de Recarga (S/.)
0.10	4.50	17.00	37.78
0.15	4.50	25.50	37.78
0.20	4.50	34.00	37.78
0.25	4.50	42.50	37.78
0.30	4.50	51.00	37.78

Costo del Cemento (Incluye Transporte) (Tabla 03)

Costo de la Bolsa de Cemento de 42.5 Kg (S/.)	Costo del Cemento por Kg (S/.)
22.50	0.53

Peso Unitario Compactado del Reciclado (Kg/m3)
2040.00

Se plantea la fórmula para el cálculo del Costo, los cuales incluirán el Costo del Reciclado, el cemento y la recarga estructural

$$\text{Costo} = \text{Costo de Reciclado} + \text{Costo de Recarga} + \text{Costo del Cemento}$$

Se evaluará el Costo por m³ en cada Tramo y cada Caso

a. El Costo del Reciclado se tomará de acuerdo a cada espesor de la Tabla 01

b. Para el cálculo del Costo de Recarga se tomará:

Costo de Recarga de la Tabla 02 de acuerdo a cada espesor de recarga, el cual tiene una relación de proporción lineal entre el espesor de pavimento y el costo, se han llevado todos los cálculos a costos/m³ para facilitar el análisis, para cualquier espesor según se indica en la Tabla 02. El Volumen de material se debe considerar esponjado, considerando el porcentaje de material en cada Caso

c. Para el cálculo del Costo de Cemento

Para este cálculo se considerará el porcentaje de Cemento considerado en cada caso, el P.U. de material esponjado y el precio del Cemento por cada cantidad de material a mejorar según sea el Caso. A continuación, se realiza el análisis técnico económico para todos los casos de dosificación de cemento y tramos sectorizados. Si para una misma mezcla (material de cantera + material existente) se repite el espesor de pavimento, se utilizará el que contenga menor cantidad de cemento.

**TABLA N°40: Evaluación Técnico – Económica por el Método
AASHTO 1993**

EVALUACION TRAMO						
			ESPESOR DE CAPA			
0+000 - 0+417.52			% DE CEMENTO			
			1.00%	1.50%	2.00%	2.50%
Casos	Materiales (%)		D2 real	D2 real	D2 real	D2 real
	Cantera	Existente				
1	50%	50%	50.0	45.0	35.0	35.0
2	44%	56%	50.0	45.0	45.0	40.0
3	33%	67%	50.0	50.0	45.0	40.0
4	20%	80%	55.0	50.0	50.0	45.0

Los casos que se analizaran han sido sombreados

**Estimando Costos de Suelo Cemento en Diferentes
dosificaciones por m3**

- a) Costo de un m3 de Pavimento, % esponjamiento del reciclado 30%.

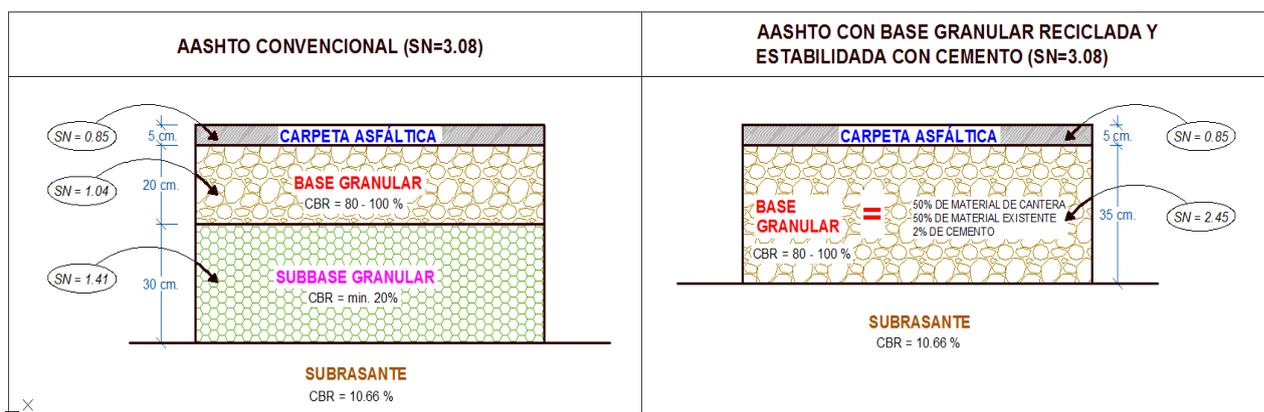
			ESPESOR DE CAPA			
Casos	Materiales (%)		% DE CEMENTO			
	Cantera	Existente	1.00%	1.50%	2.00%	2.50%
Caso 1	50%	50%	DESCARTADO	DESCARTADO	57.41	64.43
Caso 2	44%	56%	DESCARTADO	DESCARTADO	DESCARTADO	DESCARTADO
Caso 3	33%	67%	DESCARTADO	DESCARTADO	DESCARTADO	DESCARTADO
Caso 4	20%	80%	DESCARTADO	DESCARTADO	DESCARTADO	DESCARTADO

Precios en Nuevos Soles (S/.)

6.4.3.4. Análisis Técnico-Económico de las propuestas mostradas

A continuación, se presenta las figuras en donde se aprecia los paquetes estructurales con sus respectivas capas y espesores que la constituirán.

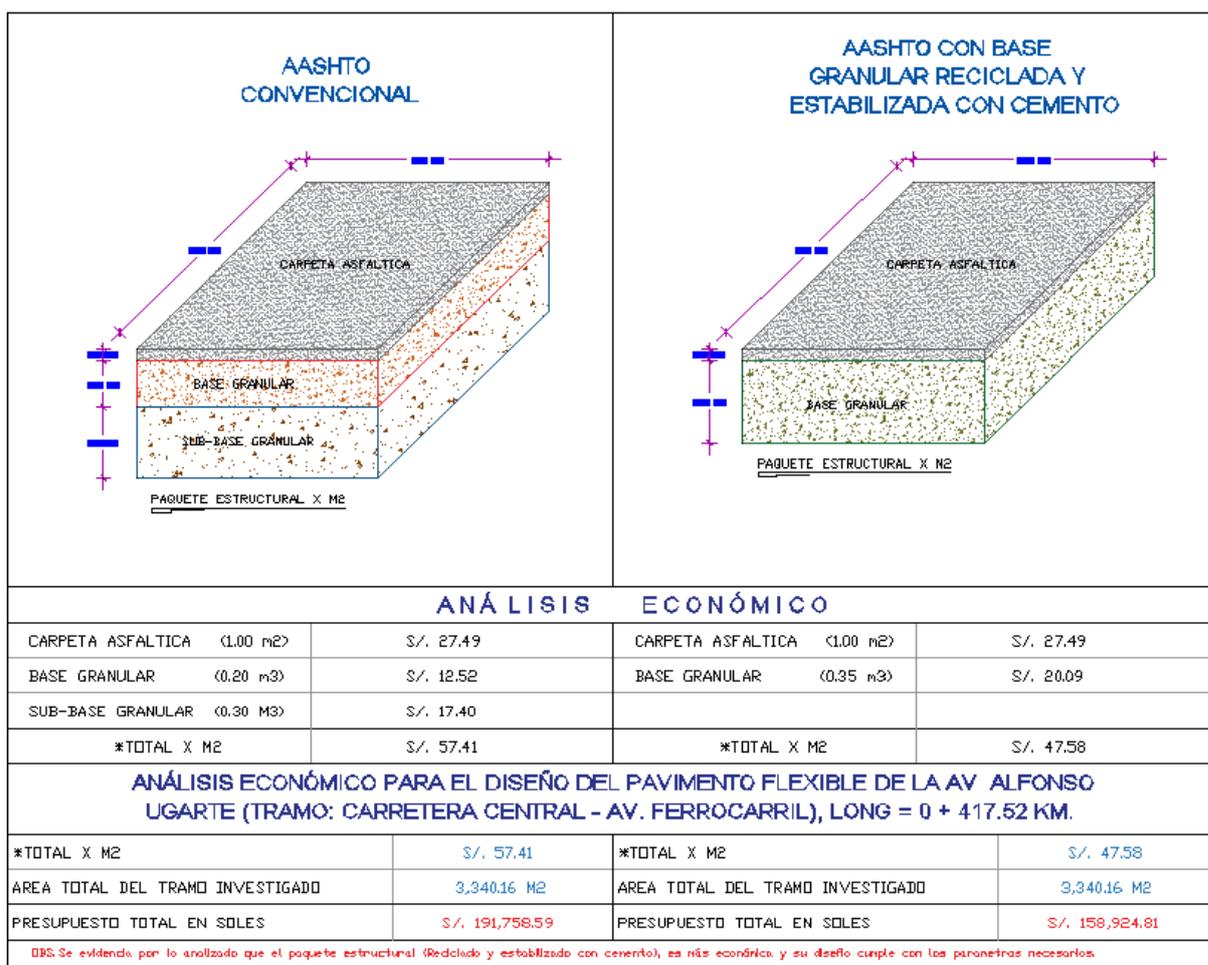
FIGURA N°13: Análisis Técnico de las Propuestas



FUENTE: elaboración propia

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar

FIGURA N°14: Análisis Económico de las Propuestas



FUENTE: Elaboración Propia

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar

1. DISEÑO AASHTO CONVENCIONAL

La propuesta para este diseño está desarrollada con un número estructural total de SN= 3.08, para el cual a través de un presupuesto y desarrollo de un análisis de costos unitarios se tiene lo siguiente:

El resultado del costo por todo el tramo investigado (Av. Alfonso Ugarte, Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), de construcción de carpeta asfáltica, base granular y sub base granular es de S/. 191,758.59 soles.

2. DISEÑO AASHTO CON BASE GRANULAR RECICLADA Y ESTABILIZADA CON CEMENTO.

La propuesta para este diseño está desarrollada con un número estructural total de SN= 3.08, con la diferencia que para este diseño se mejorará la base granular reciclándose el 50% de la capa y estabilizándola con un 2% de cemento; para lo cual se obtuvo lo siguiente:

TABLA N°41: Costo por m3 de la Capa Granular (Base) – AASHTO con Base Granular reciclada y Estabilizada con Cemento

Casos	Materiales (%)		ESPESOR DE CAPA			
			% DE CEMENTO			
	Cantera	Existente	1.00%	1.50%	2.00%	2.50%
Caso 1	50%	50%	DESCARTADO	DESCARTADO	57.41	64.43

FUENTE: *Elaboración Propia, Bach. Kori Quiñones Paucar*

El resultado del costo por todo el tramo investigado (Av. Alfonso Ugarte, Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril), de construcción de carpeta asfáltica y base granular es de S/. 158,924.81 soles.

Para ambos casos el precio de la ejecución de la carpeta asfáltica será la misma, obedeciendo al mismo SN y el mismo espesor (5cm) para el paquete estructural, por lo que

el monto de esta capa será por metro cuadrado (1.00 m²) siendo el monto de S/. 27.49 soles. Cuyo dato se obtiene de la Revista de Costos.

Del análisis y evaluación correspondiente al cuadro y gráficos mostrados se determina en base a un sustento técnico y económico lo siguiente.

FIGURA N°15: Análisis de Resultados de Ambas Propuestas

		ANÁLISIS ECONÓMICO	
CARPETA ASFALTICA (1.00 m ²)	S/. 27.49	CARPETA ASFALTICA (1.00 m ²)	S/. 27.49
BASE GRANULAR (0.20 m ³)	S/. 12.52	BASE GRANULAR (0.35 m ³)	S/. 20.09
SUB-BASE GRANULAR (0.30 m ³)	S/. 17.40		
*TOTAL X M ²	S/. 57.41	*TOTAL X M ²	S/. 47.58
ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. ALFONSO UGARTE (TRAMO: CARRETERA CENTRAL - AV. FERROCARRIL), LONG = 0 + 417.52 KM.			
*TOTAL X M ²	S/. 57.41	*TOTAL X M ²	S/. 47.58
AREA TOTAL DEL TRAMO INVESTIGADO	3,340.16 M ²	AREA TOTAL DEL TRAMO INVESTIGADO	3,340.16 M ²
PRESUPUESTO TOTAL EN SOLES	S/. 191,758.59	PRESUPUESTO TOTAL EN SOLES	S/. 158,924.81
<small>OBS. Se evidencia por lo analizado que el paquete estructural (Reciclado y estabilizado con cemento), es más económica y su diseño cumple con los parámetros necesarios.</small>			

FUENTE: Elaboración Propia

HECHO POR: Bach. Kori Quiñones Paucar

Hipótesis Específica “B”: La mejor propuesta estructural y económica del pavimento flexible para la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, tiene los siguientes espesores: base de 35 cm (reciclado de 50% de material de cantera y 50% de material existente más 2% de estabilización con cemento) y carpeta asfáltica de 5 cm.

5.5. INTERPRETACIÓN DE HIPÓTESIS

En la **Prueba De Hipótesis General**, Existe evidencia suficiente para afirmar que, el diagnóstico de la carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de

Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, se encuentra en mal estado, cuyas variables se relacionan considerablemente de forma positiva, en un porcentaje de 88.39%, planteando a través de ello, que la vía debe reconstruirse con un nuevo diseño eficiente, con un número estructural (SN) de 3.08; debido a que los grados de correlación reportados entre los indicadores tales como diagnóstico de la vía en estudio (Índice de condición del pavimento – PCI), frente a la propuesta de diseño vial (Metodología AASTHO 1993), fueron los siguientes:

TABLA N°42: Interpretación de cómo influye las características físico mecánicas del suelo (% de CBR)

Primer Indicador	Segundo Indicador	Grado de Correlación	Interpretación
Índice de condición del Pavimentos	Capacidad Relativa de Soporte (CBR) de la Sub Rasante	R=0.8839	Al reportar un grado de correlación mayor al nivel medio de significancia (R= 0.5), se evidencia que existe un GRADO ALTO de relación entre los indicadores detallados, corroborando que existe relación e influencia.

FUENTE: Elaboración Propia, Hoja de Cálculo Excel

En la **PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA “A”**, Existe evidencia suficiente para afirmar que, el diagnóstico superficial de la carpeta asfáltica influye considerablemente para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, reportando un porcentaje de deterioro superficial del 34.15%, siendo calificado la vía como MALO, es decir requiere su rehabilitación o construcción, debido a que el Índice de condición de pavimento reporta un valor ponderado el cual según la normativa ASTM – D6433-07, es calificado como MALO.

TABLA N°43: Interpretación del gráfico de Progresiva y Rango de PCI

Primer Indicador	Valor representativo	Interpretación
Índice de condición del Pavimentos	PCI = 34.15	Al reportar un valor de PCI 34.15%, según la normativa ASTM – D6433-07, es calificado como MALO.

FUENTE: Elaboración Propia, Hoja de Cálculo Excel

En la **PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA “B”**, Existe evidencia suficiente para afirmar que, la mejor propuesta estructural del pavimento flexible para la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, tiene los siguientes espesores: base de 35 cm (reciclado de 50% de material de cantera y 50% de material existente más 2% de estabilización con cemento) y carpeta asfáltica de 5 cm.

TABLA N°44: Interpretación de la Propuesta Técnico-Económica para el nuevo diseño de la vía

Primer Indicador	Propuesta		Espesor (cm)	Unidad de partida de ejecución	Precio Unitario	Evaluación	
Espesores del paquete estructural según diseño AASTHO 1993	Convencional	Carpeta Asfáltica	5	M2	S/. 27.49	Se atiende el numero estructural requerido SN= 3,08, pero su construcción es de mayor costo.	
		Base	20	M3	S/. 12.52		
		Sub Base	30	M3	S/. 17.40		
				TOTAL: S/. 57.41			
	Base reciclada y estabilizada con cemento	Carpeta Asfáltica	5	M2	S/. 27.49		Se atiende el numero estructural requerido SN= 3,08, pero su construcción es de menor costo.
		Base	35	M3	S/. 20.09		
			TOTAL: S/. 47.58				

FUENTE: Elaboración Propia, Hoja de Cálculo Excel

5.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La temática sobre el **“Diagnóstico y Diseño Vial del Pavimento Flexible: Avenida Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), en el distrito De Hualhuas, Provincia de Huancayo 2016”**, está basada en la evaluación del Índice de Condición del Pavimento, a fin de proponer un nuevo diseño para su reconstrucción reportando lo siguiente:

- El diagnóstico de la carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, se encuentra en mal estado, cuyas variables se relacionan considerablemente de forma positiva, en un porcentaje de 88.39%, planteando a través de ello, que la vía debe reconstruirse con un nuevo diseño eficiente, obedeciendo a un número estructural de 3.08; debido a que el grado de correlación reportados entre los indicadores tales como diagnóstico de la vía en estudio (Índice de condición del pavimento – PCI), frente a la propuesta de diseño vial (Metodología AASTHO 1993), es considerable (ALTO).
- El diagnóstico superficial de la carpeta asfáltica influye considerablemente para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, reportando un porcentaje de deterioro superficial del 34.15%, siendo calificado la vía como MALO, es decir requiere su rehabilitación o construcción, debido a que el Índice de condición de pavimento reporta un valor ponderado el cual según la normativa ASTM – D6433-07, es calificado como MALO.
- La mejor propuesta estructural y económica del pavimento flexible para la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, tiene los siguientes espesores: base de 35 cm (reciclado de 50% de material de cantera y 50% de material existente más 2% de estabilización con cemento) y carpeta asfáltica de 5 cm, debido a que su ejecución es de menor costo ofreciendo el SNr.

CONCLUSIONES

1. El diagnóstico de la carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, se encuentra en mal estado, cuyas variables se relacionan considerablemente de forma positiva, en un porcentaje de 88.39%. Planteándose, que la vía existente debe reconstruirse con un nuevo diseño eficiente, obedeciendo a un número estructural requerido $SN= 3.08$; puesto que, el grado de correlación reportados entre los indicadores tales como diagnóstico de la vía en estudio (Índice de condición del pavimento – PCI), frente a la propuesta de diseño vial (Metodología AASTHO 1993), es ALTO.
2. El diagnóstico superficial de la carpeta asfáltica influye considerablemente para el diseño vial del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, reportando un porcentaje de deterioro superficial de 34.15% ($PCI= 34.15$), siendo calificado la vía como MALO, según la normativa ASTM – D6433-07; es decir requiere su rehabilitación o construcción.
3. La mejor propuesta estructural y económica del pavimento flexible para la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, tiene los siguientes espesores: base de 35 cm (reciclado de 50% de material de cantera y 50% de material existente más 2% de estabilización con cemento) y carpeta asfáltica de 5 cm, puesto que su ejecución es de menor costo ofreciendo el número estructural requerido por el diseño AASTHO 1993.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los ingenieros civiles, que estén realizando obras viales, evaluar opciones de paquetes estructurales que satisfagan el número estructural requerido, pero que también minimicen los costos de ejecución: tales como reciclado de las capas de vías existentes, estabilización de bases granulares u otras opciones técnicas.
2. Se recomienda que, para ejecutarse los proyectos viales, la zona donde se desarrollará dicho proyecto, debe estar saneado al 100%, contando con sistema de agua, desagüe, y alcantarillado pluvial.
3. Se recomienda que el material tanto de la base granular, como de la subbase granular, y la subrasante; cumplan con los porcentajes de CBR necesarios para cada capa, para el buen funcionamiento y comportamiento de la estructura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mba Lozano, E. y Tabales Gonzales, R. (2005). Título (Tesis: Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I e la vía acceso al Barrio Ciudadela del Café – Vía la Badea). Universidad Nacional de Colombia. Manizales-Colombia.
2. Monsalve Escobar, L., Giraldo Vásquez, L., y Maya Gaviria, J. (2012). Título (Tesis: Diseño de Pavimento Flexible y Rígido). Universidad de Quindío. Armenia-Colombia.
3. Rosales Mato, L. y Soledispa Coronel, H. (2008). Título (Tesis: Estudio Preliminar y Diseño de la Vía: Tramos Cerecita – Tamarindo 0+000-1+500 L= 1500 metros, Tamarindo – La Bajada de Progreso 0+000-1+300 L=1300 metros; con pavimento flexible (Método Marshall)). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador.
4. Sarmiento Soto, J. y Arias Choque, T. (2015). Título (Tesis: Análisis y diseño vial de la avenida Mártir Olaya ubicada en el distrito de Lurín del departamento de Lima). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima-Perú.
5. Gómez Vallejos, S. (2014). Título (Tesis: Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.
6. Camposano Olivera, J. y García Cárdenas, K. (2012). Título (Tesis: Diagnóstico del estado situacional de la vía: Av. Argentina – Av. 24 de junio por el método: Índice de Condición de Pavimentos-2012). Universidad Peruana los Andes. Huancayo-Perú.

7. Cárdenas Capcha J. y Enríquez Fuentes G. (2014). Título (Tesis: Análisis y Evaluación de las Deformaciones Permanentes en los Pavimentos Flexibles – Prolongación San Antonio, San Carlos – Huancayo. 2014.). Universidad peruana Los Andes. Huancayo-Perú.
8. Montejo F. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Colombia. Segunda Edición.
9. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Servicio de Consultoría, Elaboración de la Sección de Suelos y Pavimentos del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2001 Tercera Edición.
10. Coronado I. (2002). Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Guatemala.
11. Torres T. y Quispe R. (2003). “Contratación pública de microempresa para el mantenimiento rutinario de los caminos rurales en el Perú”. Ponencia que se presentó al Encuentro Técnico Internacional “Generación de empleo decente mediante la contratación de micro y pequeñas empresas” organizado por la OIT Lima – Perú.
12. Política Nacional del Sector Transporte. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima, noviembre de 2006.
13. Festag G. (2002). “Experimental Investigations on Sand under Cyclic Loading”. En: *Constitutive and Centrifuge Modelling: Two Extremes, Ed.: Springman, Swets & Zeitlinger.*
14. Emilio, P. (1976). Diseño de Carreteras: Técnica y Análisis del Proyecto. Colombia: Sexta Edición.

15. Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. Abril del 2014.

16. Manual de Carreteras. Diseño Geométrico DG-2013.

17. Morales C., Chávez A. y López P. (2009). “Efectos de Alta Compactación de la capa de base en Pavimentos Flexibles”. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua – Nicaragua.

ANEXOS

Anexo N°1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Anexo N°2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Anexo N°3. CERTIFICADOS DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y PROCEDIMIENTO DE INGENIERÍA

Anexo N°4. FICHA TÉCNICA N°001-2017 KQP-UPLA (INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN)

Anexo N°5. INFORME DE OPINIÓN DE JUICIOS DE EXPERTOS PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Anexo N°6. PANEL FOTOGRÁFICO

Anexo N°7. ANÁLISIS DE COSTOS DEL DISEÑO VIAL CONVENCIONAL Y LA PROPUESTA

Anexo N°8. PLANOS

Anexo N°9. OTROS DOCUMENTOS DE VITAL IMPORTANCIA