

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

SEDE JAÉN

**EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA A NIVEL DE
EJECUCIÓN, DE LA OBRA MEJORAMIENTO DE LA RUTA AM-100, BAGUA-
LA PECA; DEL CIRCUITO VIAL II - AMAZONAS**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL:

BACHILLER: CARLOS ALBERTO RIVERA CRUZ

ASESOR: Ing. WILLIAM PROSPERO QUIROZ GONZALES

Jaén-Cajamarca, Perú

-2017-

DEDICATORIA

A:

A Dios por ser mi guía, alguien en quien yo confié y darme la fuerza para lograr mis objetivos.

A mi familia:

Martha Cruz Cerna, mi madre,

Teodoro Rivera Molina, mi padre,

Las personas que más amo en esta vida, las que me apoyan para transitar por el buen camino de la vida, a las que valoro mucho todo el apoyo que me han brindado, son un ejemplo a seguir para mí.

Marlon Rivera, mi hermano mayor,

Que siempre estuvo brindándome su apoyo, en realización de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Cajamarca-Sede Jaén por su invaluable aporte a la educación y la investigación en la región Cajamarca.

Al Consorcio Vial Amazonas, por su apoyo con los equipos e informes internos para la elaboración de la investigación.

Al Ing. William Prospero Quiroz Gonzales, por su apoyo y colaboración en la revisión de esta tesis.

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| DEDICATORIA..... | 2 |
| AGRADECIMIENTOS | 3 |
| INDICE DE FIGURAS..... | 8 |
| INDICE DE TABLAS | 10 |
| RESUMEN..... | 12 |
| ABSTRACT..... | 14 |
| CAPÍTULO I. | 16 |
| INTRODUCCIÓN..... | 16 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 18 |
| 1.1. Descripción de la realidad Problemática..... | 18 |
| 1.2. Formulación del Problema | 18 |
| 1.3. Hipótesis de Investigación..... | 19 |
| 1.4. Variables | 19 |
| 1.4.1 Variables Independientes | 19 |
| 1.4.2 Variables Dependientes | 19 |
| - Tratamiento Superficial Bicapa | 19 |
| 1.5. Objetivos de la Investigación | 19 |
| 1.5.1. Objetivo General | 19 |
| 1.5.2. Objetivos Específicos | 19 |

| | |
|---|-----------|
| 1.6. Alcances o delimitación de la Investigación..... | 20 |
| 1.7. Justificación e importancia de la Investigación | 20 |
| 1.8. Limitaciones de la Investigación | 20 |
| CAPÍTULO II | 21 |
| MARCO TEORICO | 21 |
| 2.1. Antecedentes Teóricos De La Investigación | 21 |
| 2.1.1. Internacionales..... | 21 |
| 2.1.2. Nacionales | 22 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS..... | 24 |
| 2.2.1. Pavimentos | 24 |
| 2.2.2. Definición de términos básicos | 24 |
| 2.2.3. Características que debe reunir un pavimento | 26 |
| 2.2.4. Rugosidad | 27 |
| 2.2.5. Ciclo de vida de un pavimento | 27 |
| 2.2.5.1. Ciclo de vida deseable del pavimento | 29 |
| 2.2.6. Soluciones a los problemas de humedad en pavimentos | 30 |
| 2.2.7. Elementos que integran un pavimento Flexible..... | 31 |
| 2.2.8. Evaluación Funcional para Tratamiento superficial bicapa | 33 |
| 2.2.8.1. Determinación de la Rugosidad (IRI) | 35 |
| 2.2.8.2. Evaluación de la Serviciabilidad (PSI) | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.8.3. Evaluación de la Macrotextura del Pavimento Método del Círculo de Arena..... | 37 |
| CAPÍTULO III | 38 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 38 |
| 3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. | 38 |
| 3.2. TIEMPO EN EL CUAL SE REALIZO LA INVESTIGACION..... | 41 |
| 3.3. MATERIALES | 41 |
| 3.3.1. Población..... | 41 |
| 3.3.2. Muestra | 41 |
| 3.3.3. Unidad de análisis | 41 |
| 3.4. Método..... | 41 |
| 3.5. Materiales y/o equipos | 42 |
| 3.6.1 Diseño Metodológico. | 43 |
| 3.6.2 Diseño de Investigación..... | 43 |
| 3.6.2.1. Partidas u actividades a evaluar..... | 43 |
| 3.7 .Fases de desarrollo..... | 45 |
| 3.7.1 Evaluación de canteras | 47 |
| 3.7.2 Especificaciones Técnicas | 47 |
| 3.8 TIPO DE INVESTIGACION:..... | 71 |

| | |
|--|------------------|
| CAPITULO IV | 72 |
| ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 72 |
| 4.1. Análisis..... | 72 |
| 4.2. Discusión acorde a los resultados de Investigación | 81 |
| CAPÍTULO V | 83 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 83 |
| 5.1 Conclusiones..... | 83 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 84 |
| ANEXOS | 85 |
| -ESPECIFICACIONES | TÉCNICAS. |
| | 85 |
| -ANEXOS – 02: CARTA DEL GOBIERNO REGIONAL, Notifica opinión respecto al uso de Emulsión Asfáltica en el Tratamiento Superficial Bicapa - RED VIAL II..... | 85 |
| -ANEXO 03: Certificados Ensayos Material a Nivel Base Granular. | 85 |
| -ANEXO 04: Ensayos Compactación Base Granular | 85 |
| -ANEXO 05: Certificados Control de Imprimación | 85 |

| | |
|---|-----------|
| -ANEXO 06: Control en Pista Agregados y Tasa de Aplicación T.S.B – 1RA CAPA. | 85 |
| -ANEXO 07: ENSAYOS DE AGREGADOS T.S.B. 1RA Y 2DA CAPA | 85 |
| -ANEXO 08: Control en Pista Agregados y Tasa de Aplicación T.S.B – 2DA CAPA. | 85 |
| -ANEXO – 09: Controles efectuados a nivel de Bicapa Terminada | 85 |
| oResistencia al deslizamiento (Método del Ingles) | 85 |
| oTextura Superficial (Circulo de Arena) | 85 |
| oControl de Regularidad Superficial – Rugosidad (IRI) | 85 |
| -PANEL FOTOGRAFICO | 85 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Diagrama de flujo del ciclo de via “fatal” y “deseable” | 29 |
| Figura 2. Estructura de un pavimento flexible | 33 |
| Figura 3. Ubicación geográfica de la región Amazonas | 38 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.Ubicación geográfica del distrito de El Parco – La Peca. | 40 |
| Figura 5.Material extraído para realizar las pruebas de granulometría. Personal Técnico de Laboratorio de Suelos de CASA, al fondo de la foto Carlos Alberto Rivera Cruz (Tesisista). | 42 |
| Figura 6. Vista donde se observa el muestreo del material de Base granular en Acopio | 53 |
| Figura 7. Vista donde se observa la prueba de compactación a nivel de base granular, método densímetro nuclear..... | 54 |
| Figura 8. Vista donde se observa el regado del material bituminoso. | 64 |
| Figura 9. Vista donde se observa él regado del agregado de primera capa Del T.S.B | 64 |
| Figura 10. Vista donde se observa él regado del agregado T.S.B y Distribuidora de agregado autopropulsada..... | 65 |
| Figura 11. Vista donde se observa el compactado del agregado TSB con el rodillo neumático. | 66 |
| Figura 12. Aplicación del primer riego y 1era capa agregados..... | 75 |
| Figura 13. Fijación del agregado mediante apisonado | 76 |
| Figura 14. Determinación del espesor final donde se observa que el TSB fabricado en laboratorio con la gradación y dosificación establecida no cubre el espesor total del listón de 1” (2.5 cm). | 76 |
| Figura 15.Vista donde se observa el muestreo en pista del material de mejoramiento para ser ensayadas en laboratorio – Julio 2016. | 86 |

| | |
|---|----|
| Figura 16. Vista donde se observa la prueba de compactación método del cono y arena – Julio 2016..... | 86 |
| Figura 17. Vista donde se observa la prueba de compactación método del cono y arena- Julio 2016..... | 87 |
| Figura 18. Vista donde se observa compactando el material de mejoramiento – Mes de Agosto..... | 87 |
| Figura 19. Placa de bronce, para calibración de Rugosímetro MERLIN..... | 88 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Rangos del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)..... | 36 |
| Cuadro 2. Requerimientos de los agregados para el TSB | 48 |
| Cuadro 3. Requerimientos granulométricos para base granular | 49 |
| Cuadro 4. Requerimientos agregado grueso..... | 49 |
| Cuadro 5. Requerimientos agregado Fino..... | 50 |
| Cuadro 6. Ensayos y frecuencias | 50 |
| Cuadro 7. Resumen de las características físico – mecánicas del agregado grueso | 51 |
| Cuadro 8. Resumen de las Propiedades Físico Mecánicas del Material de Base Granular –Pista..... | 52 |
| Cuadro 9. Grado de Compactación de la capa de Base granular | 55 |
| Cuadro 10. Especificaciones para asfaltos líquidos..... | 56 |
| Cuadro 11. Tramos ejecutados a nivel de Imprimación..... | 58 |
| Cuadro 12. Requerimientos de los agregados para el TSB | 59 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 13. Requisitos de Material Bituminoso Diluido para Curado Rápido..... | 60 |
| Cuadro 14. Especificaciones para Emulsiones Catiónicas (ASTM D-2397)..... | 61 |
| Cuadro 15. Características físico mecánicas del agregado de gradación A..... | 67 |
| Cuadro 16. Características físico mecánicas del agregado de gradación C | 68 |
| Cuadro 17. Tramos ejecutados, Primera Capa | 69 |
| Cuadro 18. Tramos ejecutados, Segunda Capa..... | 70 |
| Cuadro 19. Dimensiones de Capas del Tratamiento Superficial | 77 |
| Cuadro 20. Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales..... | 77 |
| Cuadro 21. Dimensiones de la primera capa | 78 |
| Cuadro 22. Dimensiones de la Segunda capa | 78 |
| Cuadro 23. Resumen de evaluación de rugosidad..... | 79 |
| Cuadro 24. Km00 +870 al Km 7+070 | 80 |
| Cuadro 25. Km 00+870 al Km 7+070 | 80 |

LISTA DE ABREVIACIONES

MINEDU : Ministerio de educación

RESUMEN

La presente Investigación tuvo como objetivo evaluar el tratamiento superficial bicapa, a nivel de ejecución de la obra Mejoramiento de la Ruta AM-100, Bagua – La Peca. Ocho kilómetros lineales han sido estudiados a detalle.

Se determinará si se ajusta a los indicadores del expediente técnico del proceso constructivo del tratamiento superficial bicapa, con apoyo del Manual de Carreteras EG-2013, en el cual se contrastó que si cumple, además se realizó la funcionalidad del tratamiento Superficial Bicapa, usando los instrumentos de medición y después se realizó el trabajo en gabinete con el cálculo final del comparación y balance, entre el trabajo in situ (ejecución) vs el expediente técnico, se concluye que en la Ruta AM-100, Bagua – El Parco si cumple con lo indicado con el Expediente Técnico.

Los materiales usados de la cantera Puerto Nuevo I, la cual se encuentra ubicada en el km 2+500 de la ruta AM-102 cumplen con las normativas suscritas en el Expediente Técnico, además se han realizado el análisis a los Materiales de Cantera del KM 1+190 L.D.

La Evaluación contrastó que el Contratista viene utilizando equipos para la aplicación del material bituminosa y extensión de agregados para el TSB, que son los adecuados como se exige en las especificaciones técnicas.

El espesor del tratamiento superficial bicapa, se encuentra definido por los tamaños representativos según el huso granulométrico utilizado. Para el caso del Proyecto no se podrá conseguir un espesor de 2.5 cm, debido a que, con los husos granulométricos para la primera capa y segunda capa, se alcanzaría como máximo un espesor exigido de 1.9 cm., aceptándose a pesar de no cumplir con un espesor mínimo del 90% del espesor determinado.

En la verificación de la funcionalidad de la Bicapa; para la rugosidad se obtuvo un IRI característico de 2.25 m/km, cumpliendo con la Especificación técnica IRI (max) = 2.50 m/km. Para la Textura se efectuaron, como mínimo, dos determinaciones de la resistencia al deslizamiento y de la profundidad de textura con el círculo de arena. En relación con la primera, ningún valor individual fue inferior a cuarenta y cinco centésimas (0,45), **cumplió**. Y en cuanto a la segunda, el promedio de las dos lecturas fue, cuando menos, igual a un milímetro y dos décimas (1,2 mm), sin que ninguno de los valores individuales sea inferior a un milímetro (1,0 mm), **cumplió**.

No se pudo evaluar la colocación de TSB y su funcionalidad en la Ruta AM – 100, comprendido entre el km. 0+000 al km. 0+870 y del km. 7+000 al km. 8+000, por problemas sociales entre los meses en estudio.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the bilayer surface treatment at the execution level of the Improvement of Route AM-100, Bagua-La Peca, to determine the influence of on-site evaluation in contrast with the Technical File, in order to Route AM-100, Bagua - El Parco. Eight linear kilometers have been studied in detail.

It will be determined if it fits the indicators of the technical file of the construction process of the bilayer surface treatment, following the criteria and parameters of the Technical File, with support from the Road Manual EG-2013, in which it was verified that if it complies, it was also made the functionality of the Superficial Bilayer treatment, using measurement instruments and then the work in the cabinet is done with the final calculation of the comparison and balance, between the work in situ (execution) vs the technical file, it is concluded that in the AM Route -100, Bagua - El Parco if it complies with what is indicated with the Technical File.

The materials used in the Puerto Nuevo I quarry, which is located at km 2 + 500 of the AM-102 route, comply with the regulations subscribed in the Technical File, and the analysis of the Quarry Materials of the KM has also been carried out. 1 + 190 LD.

The Evaluation contrasted that the Contractor has been using equipment for the application of the bituminous material and extension of aggregates for the TSB, which are adequate as required in the technical specifications.

The thickness of the bilayer surface treatment is defined by the representative sizes according to the granulometric spindle used. In the case of the Project it will not be possible to achieve a thickness of 2.5 cm, because, with the spindles granulométricos for the first layer and second layer, would reach a maximum

thickness of 1.9 cm required, accepting a minimum thickness of 90% of the determined thickness

In the verification of the functionality of the Bicapa; for the roughness, a characteristic IRI of 2.25 m / km was obtained, complying with the IRI (max) technical specification = 2.50 m / km. For the Texture, at least two determinations of the sliding resistance and the depth of texture were made with the sand circle. In relation to the first, no individual value was less than forty-five hundredths (0.45), fulfilled. And as for the second, the average of the two readings was, at least, equal to one millimeter and two tenths (1.2 mm), without any of the individual values being less than one millimeter (1.0 mm) He fulfilled.

The positioning of TSB and its functionality in Route AM - 100, included between km. 0 + 000 to the km. 0 + 870 and km. 7 + 000 to the km. 8 + 000, for social problems between the months under study.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la infraestructura vial es un componente de gran importancia dentro del patrimonio del Perú, considerando su vinculación directa con el desarrollo social y económico, pues permite la comunicación e interrelación entre centros poblados, así como el intercambio de bienes y servicios.

A la fecha, la ruta AM-100, BAGUA –EL PARCO – LA PECA de la provincia de Bagua - AMAZONAS, tiene una plataforma a nivel de afirmado en regular estado de conservación, mejorando el nivel de afirmado y realizando el tratamiento superficial bicapa, esta vía estará en mejores condiciones, el cual implica la comodidad en el tránsito y por lo tanto se incrementará la relación comercial, por lo tanto el desarrollo potencial de la región haciendo que las necesidades de transporte se incrementen de manera notoria en algunas ocasiones, especialmente cuando la productividad, de cualquier tipo, de la región se encuentra estancada.

En nuestro país los problemas con las vías en mal estado generan problemas sociales, económicos y en ocasiones hasta pérdidas humanas. Todo esto debido que no se lleva a cabo un mantenimiento adecuado ni se toma en cuenta el plan de vida de la vía, es decir, no se evalúa el comportamiento del pavimento con el paso del tiempo y sólo se interviene cuando el deterioro del pavimento es grave. Lo ideal es detectar y evaluar los daños de los pavimentos con la suficiente anticipación, de manera que las reparaciones resultantes correspondan a trabajos de conservación o reparación menor, y no de reconstrucción. De esta forma, se ahorra dinero y recursos, ya que el costo por reparar un pavimento es mucho más elevado que el costo por mantenimiento.

El deterioro de pavimento bicapa, las fallas que afectan a dichas estructuras se producen por múltiples factores: podría ser el resultado de un mal diseño del

paquete estructural, de la mala calidad de los materiales, de errores constructivos, de un deficiente sistema de drenaje, del efecto de sollicitaciones externas como carga vehicular.

Esta investigación se justifica en el estado situacional que se encuentra la ruta AM-100, BAGUA –EL PARCO – LA PECA, la cual se determinara en qué condiciones se encuentra, se determinará si se ajusta a los indicadores del expediente técnico del proceso constructivo del tratamiento superficial bicapa, siguiendo el criterio y parámetros del Expediente Técnico que nos indicara las acciones a tomar con respecto a los resultados obtenidos, el estado final del tratamiento superficial bicapa, contrastando con el ensayo de rugosidad. Que permitan llegar a un diagnóstico de la vía y así una solución efectiva que contenga los requisitos que exige este tipo de vía.

La investigación se ha dividido en cinco capítulos. El primero es la introducción el segundo capítulo es el marco teórico, donde se describen los antecedentes relacionados a la investigación tanto internacionales como nacionales así como las bases teóricas donde se define el concepto de pavimento, su clasificación, indicadores del expediente técnico del proceso constructivo del tratamiento superficial bicapa, siguiendo el criterio y parámetros del Expediente Técnico. El tercer capítulo trata de los materiales y métodos es aquí donde se describe a detalle el procedimiento que se realizó en la investigación, los materiales utilizados, descripción de la investigación. El cuarto capítulo son los resultados y discusiones y finalmente el quinto capítulo que son las conclusiones de la investigación que se realizó.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad Problemática

Hoy en día la infraestructura vial es un componente de gran importancia dentro del patrimonio del Perú, considerando su vinculación directa con el desarrollo social y económico, pues permite la comunicación e interrelación entre centros poblados, así como el intercambio de bienes y servicios.

A la fecha, la ruta AM-100, BAGUA –EL PARCO – LA PECA de la provincia de Bagua - AMAZONAS, tiene una plataforma a nivel de afirmado en regular estado de conservación, mejorando el nivel de afirmado y realizando el tratamiento superficial bicapa, esta vía estará en mejores condiciones, el cual implica la comodidad en el tránsito y por lo tanto se incrementará la relación comercial, por lo tanto el desarrollo potencial de la región haciendo que las necesidades de transporte se incrementen de manera notoria en algunas ocasiones, especialmente cuando la productividad, de cualquier tipo, de la región se encuentra estancada.

El deterioro de pavimento bicapa, son afectadas dichas estructuras porque se producen por múltiples factores: podría ser el resultado de un mal diseño del paquete estructural, de la mala calidad de los materiales, de errores constructivos, de un deficiente sistema de drenaje, del efecto de sollicitaciones externas como carga vehicular.

Por lo tanto, realizar un trabajo de investigación in situ, de evaluación en el tratamiento superficial bicapa, es de importancia para alcanzar la optimización de la funcionalidad de la misma.

1.2. Formulación del Problema

¿ El tratamiento superficial bicapa a nivel de ejecución, en la Ruta-AM 100, Bagua – La Peca, cumple con los parámetros establecidos en el Expediente Técnico?

1.3. Hipótesis de Investigación

El tratamiento superficial bicapa, de la Ruta AM-100, Bagua- La Peca; DEL CIRCUITO VIAL II – AMAZONAS, cumple con los indicadores del expediente técnico

1.4. Variables

1.4.1 Variables Independientes

- Agregados de cantera, propiedades físico mecánicas.
- Emulsión asfáltica.

1.4.2 Variables Dependientes

- Tratamiento Superficial Bicapa

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1. Objetivo General

Evaluar el tratamiento superficial bicapa en la Ruta AM-100, BAGUA-EL PARCO, contrastando con el Expediente técnico.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Recopilación y procesamiento de información.
- Evaluación de equipos para la colocación de Tratamiento Superficial Bicapa en la Ruta AM-100, Bagua – El Parco.
- Determinación de la funcionalidad del espesor de las capas del Tratamiento Superficial Bicapa.
- Elaboración y ejecución de la medición de la rugosidad en el Ruta AM-100, Bagua – El Parco.
- Elaboración y ejecución de la medición de la macro y micro textura en el Ruta AM-100, Bagua – El Parco.

- Determinar la condición y/o estado final del tratamiento superficial bicapa.

1.6. Alcances o delimitación de la Investigación

La investigación se realizará en la ruta AM-100, BAGUA –EL PARCO – LA PECA de la provincia de Bagua, en el departamento de Amazonas, en una longitud 14.268 KM. La evaluación se realizará entre los meses de Julio - Noviembre del 2016.

Se ejecutará la evaluación del tratamiento superficial bicapa, en el marco de las especificaciones técnicas, para luego contrastar visualmente los deterioros que afectan al tratamiento superficial bicapa, dichos datos obtenidos en campo con las observaciones que se realicen en el proceso constructivo.

1.7. Justificación e importancia de la Investigación

La Investigación evaluará in situ el proceso constructivo de la Ruta AM-100, considerando el tratamiento superficial bicapa, para mejorar la infraestructura vial y por ende el bienestar de los usuarios.

1.8. Limitaciones de la Investigación

La investigación se realizará en la ruta AM-100, BAGUA –EL PARCO de la provincia de Bagua, en el departamento de Amazonas, en una longitud 8.000 KM. La evaluación se realizará entre los meses de Julio - Noviembre del 2016

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes Teóricos De La Investigación

2.1.1. Internacionales

El autor (Fernandez, 1997) desarrollo la tesis “**Consideraciones Generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos**”, en la cual desarrolla y define conceptos, enmarcados en forma adecuada para diseño de los diferentes tipos de pavimentos, cumpliendo con las especificaciones dadas por organismos internacionales y nacionales para las diferentes capas que conforman.

El autor (Tabares & MBO, 2005), desarrolló en su tesis “**Diagnostico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía de acceso al Barrio ciudadela del Café – Vía la badea**”, comparó resultados obtenidos por la evaluación de las diversas metodologías empleadas para el diseño de la estructura de pavimento requerido según la solicitud de tránsito del sector, y definir cuál es la estructura más favorable a emplear según el análisis exhaustivo de las diferentes metodologías y condiciones existentes y proyectadas en la vía nueva.

El autor (Beltrán, 2012), indica en su tesis “**Evaluación Estructural De Pavimentos Flexibles Con Métodos De Inteligencia Artificial Y Auscultación No Destructiva**”, llevo a las siguientes conclusiones, es que, Gracias a la utilización de una base de datos que lleva implícita la mecánica propia del problema, se simularon las respuestas y el desempeño de los pavimentos, de manera muy apegada al fenómeno físico representativo. En ese sentido, se consideraron las relaciones no lineales entre múltiples variables cuantitativas y cualitativas. 4. Más allá de establecer correlaciones que reflejen buenos ajustes entre los comportamientos observados y los estimados, o de establecer ventajas y limitaciones de las modelaciones propuestas respecto a los análisis

tradicionales, resulta de gran interés la forma en que el sistema desarrollado en esta investigación permitió representar la realidad de manera exitosa.

2.1.2. Nacionales

El autor (Gonzales, 2009), indica en su tesis **“Propuesta de I +D +i de instrumentos de medición de niveles de serviciabilidad de carreteras asfaltadas”** llego a la siguiente conclusión La infraestructura vial en una economía genera una serie de efectos positivos para el desarrollo de las actividades privadas, al constituirse como activos públicos e influyen en las decisiones de producción y de consumo de las empresas y de los hogares, de allí la importancia de medir la satisfacción de los usuarios, la que se manifiesta, fundamentalmente por la calidad en que se encuentran los pavimentos o capas de rodadura y los elementos que constituyen la seguridad vial. En la actualidad se emplea el indicador de servicialidad que comprende aspectos sobre el deterioro funcional del pavimento como de su capacidad estructural.

El autor (Huampiri, 2015) **“Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de puno”** llego a la siguiente conclusión **que** Las fallas superficiales encontradas en la zona de estudio de mayor incidencia son las fisuras longitudinales y transversales, seguidas de ahuellamientos, desgaste superficial y otras; estas se producen por deficiencias en el diseño, construcción y operación, las cuales influyen negativamente en el resultado final del proyecto. Por ello realizar una adecuada evaluación de la vía es indispensable para determinar el tipo de mantenimiento a emplear, factor que nos ayuda a la conservación vial de manera adecuada. De las fallas superficiales de la zona de estudio se puede concluir que generalmente presentan un nivel de severidad bajo, la primordial causa de deterioro es el insuficiente mantenimiento de las vías.

El autor (Apolinario, 2012) **”Innovación del método vizir en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito”** llegó a la siguiente conclusión Las fallas definidas por el método del PCI, sí se adaptan a este tipo de carreteras, sus descripciones se ajustan en su mayoría a las fallas que se encuentran en estos tipos de superficie, razón por la cual, el catálogo de los deterioros usado para la aplicación del método ESBVT coincide en la mayoría, además los resultados de la evaluación de la condición superficial del pavimento de BVT, se ajustan mejor a los resultados obtenidos con el método PCI.

El autor (Flores, 2012) **”Evaluación Estructural De Pavimentos Flexibles De Carreteras De Bajo Volumen De Tránsito”** llegó a la siguiente conclusión es que el modelo Analítico de Boussinesq, aproxima bien las deformaciones tomadas en campo, mas no es recomendado para determinar el módulo de elasticidad del pavimento, como se puede apreciar en la tabla 3.9 donde existe mayor proximidad entre los valores calculados con MM y Hogg que entre Hogg y el modelo Analítico de Boussinesq; existe incertidumbre en relación a los valores de los módulos de elasticidad de la subrasante calculados con este modelo, no necesariamente representan lo observado en campo.

PROYECTO SISA

La carretera Empalme PE-5N – Cuñumbuque – Zapatero – San José de Sisa – Agua Blanca - San Pablo – Empalme PE-5N Bellavista, Tramo: San José de Sisa – Agua Blanca - San Pablo – Empalme PE-5N Bellavista, tiene una longitud de 116.500Km, y se ubica en la región San Martín, entre altitudes que varían desde los 350msnm hasta los 330msnm, el tramo en estudio se ubica entre las provincias el Dorado y Bellavista.

La carretera San José de Sisa – Agua Blanca - San Pablo – Empalme PE-5N Bellavista, conecta a las diferentes localidades que están ubicadas entre San José de Sisa – Bellavista, asimismo permite articularse con diversas carreteras vecinales transversales logrando la interconexión de selva con la costa del país y consecuentemente con las ciudades de Piura, Chiclayo, Trujillo y Lima.

En el caso específico del presente Tramo en sus 68.207 km de longitud los beneficiarios directos del asfaltado de la misma, CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA, lo constituyen los pobladores de la Provincia de San José de Sisa, ubicado en el Km. 00+000, Agua Blanca, Santa Rosa, Santa Victoria, Consuelo, San Pablo, Dos Unidos, Centro America, Perhuate, Ramiro Priale y La Provincia de Bellavista.

En este PROYECTO SISA se verifica el proceso constructivo del TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Pavimentos

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y constituyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento (thenoux & gaete, 2010)

2.2.2. Definición de términos básicos

A continuación se definen los principales términos utilizados en el método, que son de vital importancia para la comprensión y correcta aplicación del mismo.

- **Red de pavimento.** Es el conjunto de pavimentos a ser administrados, es una sola entidad y tiene una función específica. Por ejemplo, un aeropuerto o una avenida, es una red de pavimento.
- **Tramo de pavimento.** Un tramo es una parte identificable de la red de pavimento. Por ejemplo, cada camino o estacionamiento es un tramo separado.
- **Tratamiento superficial bicapa:** Consiste en la aplicación de 2 capas de ligante bituminoso y agregados pétreos.
- **Sección de pavimento.** Es un área de pavimento contigua de construcción, mantenimiento, historial de uso y condición uniformes. Una sección debe tener el mismo volumen de tráfico e intensidad de carga.
- **Unidad de muestra del pavimento.** Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de 225 +/- 90 m², si el pavimento no es exactamente divisible entre 2500 o para acomodar condiciones de campo específicas.
- **Muestra al azar.** Unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio.
- **Muestra adicional.** Es una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las unidades de muestra seleccionadas al azar con el fin de incluir unidades de

muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento. Deben ser consideradas como muestras adicionales aquellas muestras muy pobres o excelentes que no son típicas en la sección ni entre las unidades de muestra, que contienen deterioros poco comunes tales como cortes utilitarios (ejemplo: corte para instalación de tuberías de agua o desagüe, electricidad, teléfonos, etc.). Si una unidad de muestra que contiene una falla poco común es escogida al azar como unidad de muestra, ésta deberá ser considerada como unidad de muestra adicional y otra unidad de muestra al azar deberá ser escogida. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas, entonces no habrá unidades de muestra adicionales.

2.2.3. Características que debe reunir un pavimento

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos (Montejo, 2002)

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos.
- Además debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Presentar regularidad superficial, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable y económico.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.

- El ruido de rodadura en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, deben ser adecuadamente moderado.

2.2.4. Rugosidad

La rugosidad se define como las irregularidades en la superficie del pavimento que afecta adversamente a la calidad de rodado, seguridad y costo de operación del vehículo. En las ecuaciones para el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI). La medida de rugosidad indicada por la variación de la pendiente SV (Slope Variance), domina los valores estimados de serviciabilidad. En la práctica esto significa que la rugosidad tiene el mayor efecto en la evaluación de los usuarios que califican la calidad de rodado. Por eso aun cuando las ecuaciones contienen términos relacionados con el deterioro visual muchos investigadores y agencias viales relacionan directamente el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), con mediciones de rugosidad. Uno de los problemas con los que se encuentran los técnicos a la hora de valorar la calidad y comodidad de la rodadura de los vehículos y de comparar experiencias entre países, es la gran diversidad de técnicas, equipos e indicadores existentes en cada país.

2.2.5. Ciclo de vida de un pavimento

Los pavimentos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, tales como: el agua, el tráfico, la gravedad en taludes, etc. Estos elementos afectan al pavimento, en mayor o menor medida, pero su acción es permanente y termina deteriorándolo convirtiéndolo en intransitable.

Por lo tanto, el mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en

cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir los efectos de los agentes que actúan sobre el pavimento. (Menendez, 2003). El ciclo de vida de un pavimento consta de cuatro fases, las cuales se describen a continuación:

- **Fase A: Construcción**

Un pavimento puede ser de construcción sólida o con algunos defectos constructivos. De todos modos entra en servicio apenas se termina la obra. El pavimento se encuentra, en ese momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios.

- **Fase B: Deterioro lento y poco visible**

Durante cierto número de años el pavimento va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura. Este desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por el pavimento, aunque también por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores. Durante la fase B el pavimento se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas.

- **Fase C: Deterioro acelerado**

Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del pavimento están cada vez más “agotados”; el pavimento entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular. Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte de la estructura del pavimento.

- **Fase D: Descomposición total**

Esta fase constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del pavimento queda reducida a sólo una fracción de la original.

2.2.5.1. Ciclo de vida deseable del pavimento

El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso que sigue un pavimento sin mantenimiento y otro con mantenimiento, en el que podemos apreciar que la falta de mantenimiento permanente conduce inevitablemente al deterioro total del pavimento, mientras que la atención constante del mismo mediante el mantenimiento rutinario, sólo requiere, cada cierto tiempo, trabajos de mantenimiento periódico. (Menendez, 2003)

Figura 1. Diagrama de flujo del ciclo de via “fatal” y “deseable”

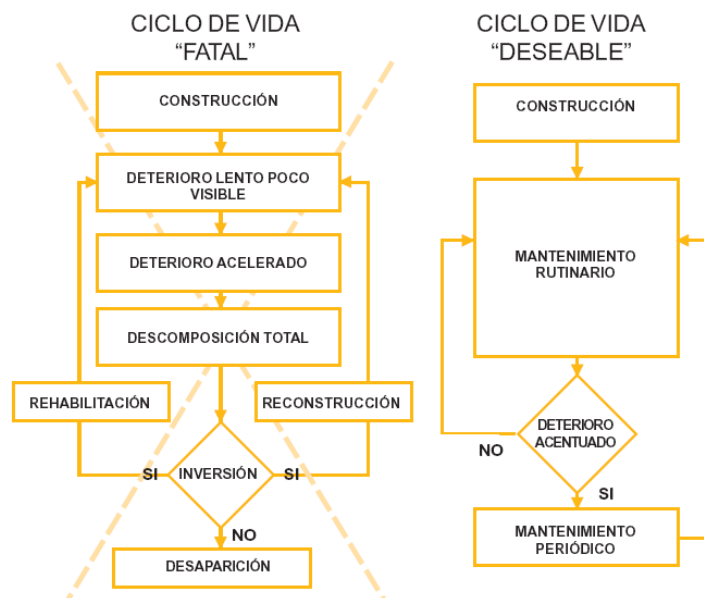
Fuente: Mantenimiento Rutinario de caminos con microempresas (Menendez, 2003)

2.2.6. Soluciones a los problemas de humedad en pavimentos

Los métodos para considerar el agua en el diseño de pavimentos, consisten básicamente en lo siguiente: (Coronado, 2002)

- Prevenir la penetración de agua dentro del pavimento.
- Proveer el drenaje necesario para remover el exceso de agua rápidamente.
- Construir pavimentos fuertes para resistir los efectos combinados de cargas y agua.

En el diseño de pavimentos, debe siempre tratarse de que tanto la subrasante, sub-base y base estén protegidas de la acción del agua. Al considerar las posibles fuentes de agua, es conveniente proteger la sección estructural del pavimento de la entrada de agua, por lo que es necesario interceptar el agua que corre superficialmente lo mejor posible, así como sellar la superficie del pavimento.



Generalmente se da una considerable atención al efecto de interceptar el agua superficial, mientras se da una menor atención al sellado de la superficie para evitar la infiltración de la lluvia. Como resultado, una considerable cantidad de agua a menudo penetra dentro de la parte inferior de la estructura de pavimento, obligando a la necesidad de construir algún tipo de drenaje. (Coronado, 2002)

2.2.7. Elementos que integran un pavimento Flexible

Los pavimentos flexibles son los que están integrados por una superficie de rodadura apoyada generalmente sobre capas no rígidas, la base, sub-base y sub-rasante. Los cuales se describen a continuación: (Coronado, 2002).

a) Sub-rasante: Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que esta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

b) Sub-base: Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base.

La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares.

Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una sub-rasante o sub-base adecuada.

c) Base granular: Es la capa de pavimento que tiene como función primordial distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub-base y a través de ésta a la sub-rasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

Esta base está constituida por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

d) Superficie de rodadura o carpeta asfáltica: Es la capa que se coloca

sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos.

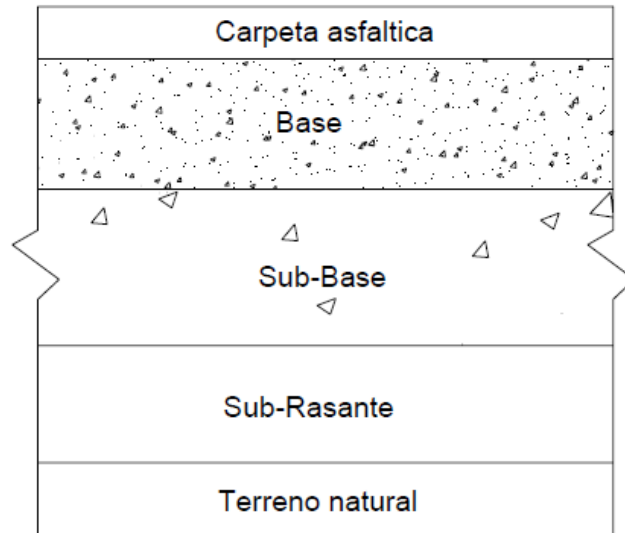


Figura 2. Estructura de un pavimento flexible

2.2.8. Evaluación Funcional para Tratamiento superficial bicapa

Existen en la actualidad diversos métodos para medir la rugosidad, los cuales corresponden a diferentes tipos de equipos, los cuales se agrupan en 3 clases genéricas, en base a la forma de medición.

a) Métodos Clase 1

Estos métodos establecen la rugosidad a través de la determinación muy exacta del perfil longitudinal de un pavimento, con medidas cada 25 cm. y una precisión de 0.25 mm. Estos métodos emplean equipos tales como el Merlín, TRRL Sean y el Road and Level (Mira y Nivel).

b) Métodos Clase 2

Esta clase incluye todos los otros métodos en los cuales la rugosidad se determina sobre la base de la medición del perfil longitudinal. Estos métodos son menos precisos que los de Clase 1, y recurren al uso de perfilómetros de alta velocidad o mediciones estáticas con equipos similares a los de Clase 1, pero con niveles inferiores de exactitud. Entre los perfilómetros de alta velocidad se tienen, el APL Trailer y el GMR-Type Inertial Profilometer.

c) Métodos Clase 3

La mayoría de datos de rugosidad que recolecta a través del mundo se obtienen mediante estos métodos, los cuales recurren al uso de vehículos

La medida obtenida mediante los métodos Clase 3 depende de la calibración dinámica de un vehículo para proporcionar valores de rugosidad para condiciones similares a los del Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Sin embargo las propiedades dinámicas de cada vehículo son únicas y cambian con el tiempo, por lo que las mediciones directas deben ser corregidas mediante una ecuación de calibración, para convertirlas a la escala del IRI.

Esta clase también incluye métodos que emplean otros tipos de instrumentos para medir la rugosidad, que sean capaces de generar parámetros razonablemente correlacionados con la escala del IRI. Entonces, el método para medir rugosidad califica como Clase 3, si emplea algún tipo de ecuación de correlación, indistintamente del tipo de instrumentación o vehículo que se emplee para la obtención de la medida de rugosidad básica.

Los métodos Clase 3 emplean diversos tipos de equipos, tales como el Mays, Bump Integrator, NAASRA Meter, Cox Meter, PCA Meter, etc., todos ellos producidos comercialmente.

En la presente evaluación superficial del pavimento, se ha utilizado el equipo denominado MERLIN previamente calibrado, es decir se ha empleado el método Clase 1, recomendado por el Banco Mundial.

Rugosímetro MERLIN

Una vez seleccionados los sectores, bajo la hipótesis de mantener una supuesta homogeneidad de la rugosidad dentro de su extensión, pero de magnitud diferente entre ellas, se procede a determinar el número y ubicación de las pruebas en función de la longitud de cada sección considerando que la longitud de medición para una prueba es de aproximadamente 400m.

2.2.8.1. Determinación de la Rugosidad (IRI)

Una vez concluidas las mediciones, se obtuviene una gráfica similar a un histograma. Se eliminaron los valores poco representativos (10% de los datos), considerando la posición proporcional entre la décima y undécima marca, contando el número de cruces en cada uno de los extremos de la distribución. El ancho del histograma (D) determinado una vez descartado los valores extremos, se expreso en milímetros. Este valor es la rugosidad en la escala del MERLIN, en milímetros.

Para transformar este valor a la escala IRI, se empleo la ecuación de correlación obtenida experimentalmente y es:

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 * D * Fc$$

Donde:

IRI Rugosidad en términos de la escala internacional de rugosidad.

D Rugosidad en términos de la escala MERLIN.

Fc. (*) Factor de Corrección según cada instrumento, fue obtenido experimentalmente, por lo general varía según el desgaste del instrumento, y la propia fabricación del instrumento. (Para el instrumento empleado en la presente evaluación se adjunta la hoja de cálculo respectiva).

(*) Si bien la fabricación del instrumento supone una amplificación mecánica de 10. En la práctica esto no es cierto, porque existen pequeños errores en la fabricación. Sin embargo, el Merlin puede ser simplemente calibrado¹ siguiendo el procedimiento que a continuación se indica.

Para determinar el factor de corrección se ha hecho uso de la siguiente fórmula

$$\text{F.C.} = (\text{EP} \times 10) / [(\text{LI} - \text{LF}) \times 5]$$

Donde

EP : Espesor de la pastilla

LI : Posición inicial del puntero

LF : Posición final del puntero

2.2.8.2. Evaluación de la Serviciabilidad (PSI)

La serviciabilidad de un pavimento puede ser expresada en términos de la serviciabilidad presente o índice de serviciabilidad (PSI). El PSI se puede obtener por medio de mediciones de rugosidad. La rugosidad es el factor más representativo para calcular el PSI de un pavimento.

La ecuación específica para calcular el PSI de la guía AASHTO se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$IRI = 5.5 \times \ln (5.0 / \text{PSI})$$

Donde:

I.R.I. = Rugosidad en escala I.R.I.

P.S.I. = Índice de Serviciabilidad Presente

La escala de PSI varía desde 0 hasta 5 (ver siguiente cuadro), donde un PSI = 0 significa que la vía es intransitable y un valor PSI = 5 representa una superficie perfecta.

Cuadro 1. Rangos del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

| Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) | Serviciabilidad |
|--|-----------------|
| 0 – 1 | Muy Mala |
| 1 – 2 | Mala |
| 2 – 3 | Regular |
| 3 – 4 | Buena |
| 4 – 5 | Muy Buena |

2.2.8.3. Evaluación de la Macrotextura del Pavimento Método del Círculo de Arena.

El equipo utilizado se denomina método volumétrico o de círculo de arena, la cual se utilizó un volumen de arena de granulometría definida, con un factor de profundidad media de textura mínima admisible de 1.2mm.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El área de estudio de la investigación se realizará en la ruta AM-100, BAGUA –EL PARCO – LA PECA de la provincia de Bagua, en el departamento de Amazonas, en una longitud 14.268 KM.



Figura 3. Ubicación geográfica de la región Amazonas

Fuente: MINEDU

Ubicación Política:

- **Departamento:** Amazonas
- **Provincia:** Bagua
- **Distritos:** Bagua, El Parco y la Peca

Ubicación Geográfica:

La RUTA AM-100 abarca los distritos de Bagua, El Parco y La Peca en la provincia de Bagua, encontrándose ubicada en la parte septentrional del país, asentada al occidente de la Cordillera Central de los Andes, en el valle del bajo Utcubamba. Provincia de Condorcanqui, al este con la última nombrada provincia, al sur con la Provincia de Utcubamba, y al oeste con las provincias de Jaén y San Ignacio de la Región Cajamarca.

Su capital, la ciudad de Bagua se ubica entre las coordenadas 05° 38' 21" de Latitud Sur y 78° 31' 53" Longitud Oeste a una altura de 400 msnm. El territorio de la provincia de Bagua abarca mayormente la región natural de selva, con rangos altitudinales que van desde 357 a 800 msnm.

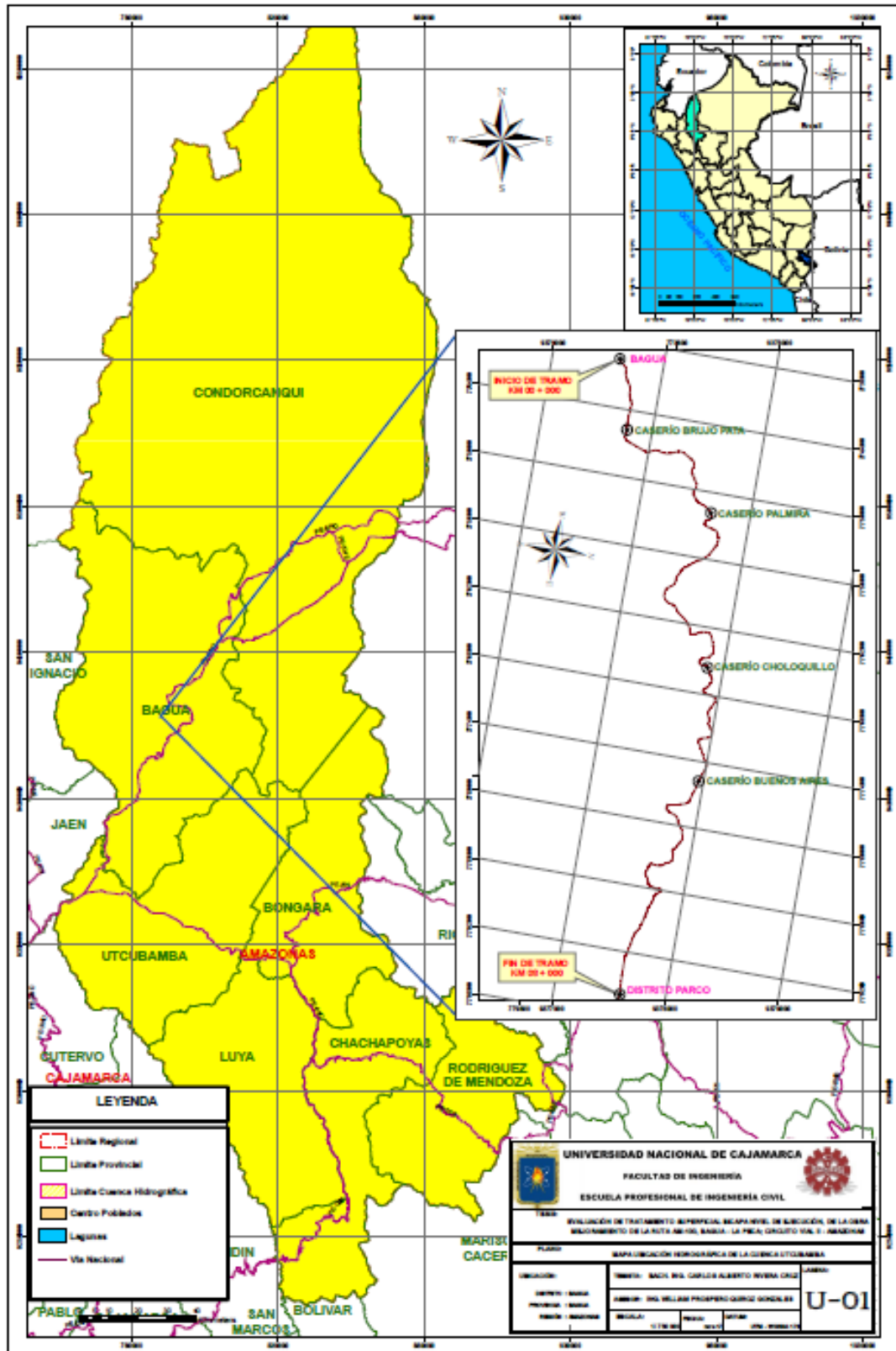


Figura 4. Ubicación geográfica del distrito de El Parco – La Peca.

3.2. TIEMPO EN EL CUAL SE REALIZO LA INVESTIGACION.

El proyecto de investigación se desarrolló en los meses de Julio del 2016 – Noviembre del 2016.

3.3. MATERIALES

3.3.1. Población

La población de estudio está constituida por el Ruta AM-100, distrito de Bagua – La Peca; el punto de Inicio se ubica en el paralelo 5°38'05" de latitud sur y el meridianos 78°31'36" de longitud oeste (punto de inicio Bagua altitud 420 msnm) y el paralelo 5°36'39" de latitud sur y el meridiano 78°26'05" longitud Oeste punto final (localidad de la Peca a 552 msnm).

3.3.2. Muestra

La selección de la muestra se determinó usando un muestreo no probabilístico de tipo intencional o por conveniencia, y está constituido por el tramo Bagua – El Parco con una longitud de 8 Km. Tramo asignado para desarrollar labores académicas, este tramo se encuentra dentro del Circuito Vial II – Amazonas, en actualmente en estado de ejecución.

3.3.3. Unidad de análisis

Se consideró como unidad de análisis a 08 km., comprendidos del distrito Bagua hacia El Parco de la Ruta AM-100.

3.4. Método

Se ejecutará la evaluación de la ejecución del tratamiento superficial Bicapa, en el marco de las especificaciones técnicas, para luego contrastar con los resultados en gabinete de los ensayos realizados al tratamiento superficial bicapa, dichos datos obtenidos nos brindará la funcionalidad de la vía en estudio.

3.5. Materiales y/o equipos

- Cámara fotográfica: Modelo Canon Powershot SX170IS, zoon óptico de 16x, aproximadamente 16 millones de píxeles, pantalla LCD de 3 pulgadas, imágenes formato JPEG.
- Expediente Técnico Aprobado por la Entidad
- Laboratorio de suelos (global)



Figura 5. Material extraído para realizar las pruebas de granulometría. Personal Técnico de Laboratorio de Suelos de CASA, al fondo de la foto Carlos Alberto Rivera Cruz (Tesista).

3.6.1 Diseño Metodológico.

| | | |
|----------|---|--------------------|
| Tabla 01 | Diseño metodológico de la investigación | |
| | Criterio | Investigación |
| | Finalidad | Aplicada |
| | Método | Cualitativo |
| | Contexto | Gabinete, Campo |

3.6.2 Diseño de Investigación

3.6.2.1. Partidas u actividades a evaluar

1. Materiales

- a. Agregados Pétreos
- b. Material Bituminoso

• Partida 03.02. Base Granular

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas de materiales granulares, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, con inclusión o no de algún tipo de estabilizador o ligante, debidamente aprobados, que se colocan sobre una subbase, afirmado o subrasante.

La evaluación: El procedimiento a evaluar será el comparativo de las especificaciones técnicas del Expediente Técnico y/o Manual de Carreteras EG-2013 versus los resultados de los ensayos requeridos. Cumple o no cumple.

2. Dosificación del Tratamiento Superficial

a. Tratamiento Superficial múltiple.

Consiste en la aplicación de dos o más capas de ligante bituminoso y agregados pétreos, cada una de las cuales debe estar indicado en los documentos del proyecto.

Las cantidades aproximadas de materiales a utilizar se dan en las especificaciones técnicas. Capítulo 6, Anexo Especificaciones Técnicas , las que deben ser ajustadas para las condiciones locales de cada proyecto y aprobadas por el Supervisor antes de su aplicación, de acuerdo a la secuencia de operaciones. Donde se Evaluará lo siguiente:

- ✓ Los equipos para la colocación de Tratamiento Superficial Bicapa.
- ✓ Determinación de la funcionalidad del espesor de las capas del Tratamiento Superficial Bicapa.

La evaluación: El procedimiento a evaluar será el comparativo de las especificaciones técnicas del Expediente Técnico y/o Manual de Carreteras EG-2013 versus los resultados de los ensayos requeridos.

3. Proceso Constructivo

3.1 Partida .04.01. Imprimación Asfáltica

3.2 Requerimiento de Construcción

- a. Preparación de la Superficie existente
- b. Aplicación del material bituminoso
- c. Extensión y compactación del agregado pétreo

La evaluación: Se verifica si cumple o no con el requerimiento de construcción (según el Manual de Carreteras EG-2013)

4. Calidad de Trabajo Terminado

a. Textura

b. Rugosidad

- Elaboración y ejecución de la medición de la rugosidad de la vía en estudio.
- Elaboración y ejecución de la medición de la micro y macro textura en la vía en estudio.
- Determinar la funcionalidad de la Vía.

3.7.Fases de desarrollo

El trabajo, ha sido desarrollado mediante el control de dos fases mensualmente en el periodo antes mencionado, que se indican a continuación:

- **Investigaciones de campo**

Son aquellos trabajos que se desarrollan en el área de interés con la finalidad de obtener información precisa “in situ” referida a aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos y que permitan llevar un control adecuado de los estudios básicos correspondientes a Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concretos.

- **Ensayos de Laboratorio**

Son aquellos trabajos que se desarrollan en un laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto los cuales han sido debidamente controlados y verificados y que tienen como objetivo principal determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados grueso y fino muestreados en cantera (Material procesado) y en pista.

Los Ensayos de Laboratorio exigidos en las especificaciones técnicas son de acuerdo a la actividad a ejecutarse y son los que se presentan a continuación:

CANTERA :

Ensayos Estándar

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado (ASTM C-136)
- ✓ Límites de consistencia (ASTM D-4318)
 - Limite Liquido
 - Limite plástico
 - Índice de plasticidad
- ✓ Clasificación SUCS (ASTM D-2487)
- ✓ Clasificación AASHTO (AASHTO M-145)
- ✓ Contenido de Humedad (ASTM D-2216)

Ensayos de Calidad de Agregados

- ✓ Próctor Modificado (ASTM D-1557)
- ✓ Equivalente de Arena (ASTM D-4219)
- ✓ Abrasión (ASTM C-131)
- ✓ CBR (ASTM D-1883)
- ✓ Durabilidad (ASTM C-88)
- ✓ Porcentaje de caras de Fractura (ASTM D-5821)
- ✓ Porcentaje de Partículas Planas y Alargadas (ASTM D-4791)
- ✓ Peso Unitario (ASTM C-29)
- ✓ Gravedad Específica y Absorción A. Grueso. (ASTM D-127)
- ✓ Gravedad Especifica y Absorción A. Fino (ASTM D-128)
- ✓ Impurezas de Fineza en agregado fino (ASTM D-125)
- ✓ Impurezas Orgánicas en Finos (ASTM C-87)
- ✓ Sales Solubles Totales (ASTM D-1888)
- ✓ Adherencia Agregado Fino (MTC-220)
- ✓ Adherencia Agregado Grueso (ASTM D-1664)
- ✓ Adherencia Mezcla de Agregado Fino y Grueso (ASTM D-3625)
- ✓ Índice de Plasticidad (Pasante por la Malla N°200)

MEJORAMIENTO :

- ✓ Análisis Granulométrico.
- ✓ Límites de Consistencia.
- ✓ Próctor Modificado
- ✓ CBR.

PARA CUMPLIMIENTO DE LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA CALZADA:

- ✓ Evaluación de la Rugosidad (IRI)
- ✓ Medición de Microtextura.
- ✓ Medición de Macrotextura.

Estos ensayos son los mínimos requeridos por las diferentes Especificaciones Técnicas suscritas en el Expediente Técnico.

3.7.1 Evaluación de canteras

- ❖ **CANTERA PUERTO NUEVO I:** Se encuentra ubicada en el Km 2+500 de la Ruta AM-102, esta cantera posee materiales que serán empleados en las diferentes capas del pavimento y obras de arte.

La cantera de acuerdo a su calidad se ha seleccionado para los usos siguientes:

- ✚ Capas granulares (Bases, Sub bases Granulares y Mejoramiento)
- ✚ Tratamiento Superficial Bicapa

3.7.2 Especificaciones Técnicas

Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

Agregados pétreos

Los agregados gruesos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

| | Específica |
|--|-------------------|
| Partículas con una cara fracturada (MTC E 210) | 85% mín. |
| Partículas con dos caras fracturadas (MTC E 210) | 60% mín. |
| Partículas Chatas y alargadas (MTC E-221) | 15% máx. |
| Abrasión (MTC E 207) | 40% máx. |
| Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209) | 18% máx. |
| Adherencia (ASTM D 1664 –AASHTO T 182) | +95 |
| Terrones de Arcilla y Partículas Friables (MTC E212) | 3% máx. |
| Sales solubles Totales (MTC E 219) | 0.5% máx. |

Cuadro 2. Requerimientos de los agregados para el TSB

03.02 Base Granular

Metro cúbico (m³)

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas de materiales granulares, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, con inclusión o no de algún tipo de estabilizador o ligante, debidamente aprobados, que se colocan sobre una subbase, afirmado o subrasante. Incluye el suministro, transporte, colocación y compactación de material de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del Proyecto y aprobados por el Supervisor, y teniendo en cuenta lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental. Incluye así mismo el aprovisionamiento de los estabilizadores.

- **Granulometría**

La composición final de los materiales presentará una granulometría continua, bien graduada y según los requerimientos. Para las zonas con altitud iguales o mayores a 3.000 msnm. Se deberá seleccionar la gradación "A".

Cuadro 3. Requerimientos granulométricos para base granular

Requerimientos granulométricos para base granular

| Tamiz | Porcentaje que pasa en peso | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Gradación A | Gradación B | Gradación C | Gradación D |
| 50 mm. (2") | 100 | 100 | | |
| 25 mm. (1") | | 75-95 | 100 | 100 |
| 9,5 mm. ($\frac{3}{8}$ ") | 30-65 | 40-75 | 50-85 | 60-100 |
| 4,75 mm. (N.º 4) | 25-55 | 30-60 | 35-65 | 50-85 |
| 2,0 mm. (N.º 10) | 15-40 | 20-45 | 25-50 | 40-70 |
| 425 µm. (N.º 40) | 8-20 | 15-30 | 15-30 | 25-45 |
| 75 µm. (N.º 200) | 2-8 | 5-15 | 5-15 | 8-15 |

Fuente: ASTM D 1241

- Agregado Grueso

Cuadro 4. Requerimientos agregado grueso

Requerimientos agregado grueso

| Ensayo | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Requerimientos Altitud | |
|--------------------------------------|-----------|------------|--------------|------------------------|--------------|
| | | | | < 3.000 msnm | ≥ 3.000 msnm |
| Partículas con una cara fracturada | MTC E 210 | D 5821 | | 80% mín. | 80% mín. |
| Partículas con dos caras fracturadas | MTC E 210 | D 5821 | | 40% mín. | 50% mín. |
| Abrasión Los Ángeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 40% máx. | 40% máx. |
| Partículas chatas y alargadas (1) | | D 4791 | | 15% máx. | 15% máx. |
| Sales solubles totales | MTC E 219 | D 1888 | | 0,5% máx. | 0,5% máx. |
| Durabilidad al sulfato de magnesio | MTC E 209 | C 88 | T 104 | | 18% máx. |

- **Agregado Fino**

Cuadro 5. Requerimientos agregado Fino

Requerimientos Agregado Fino

| Ensayo | Norma | Requerimientos Altitud | |
|------------------------------------|-----------|---------------------------|-------------|
| | | <3.000 msnm | ≥3.000 msnm |
| Índice plástico | MTC E 111 | 4% máx. | 2% mín. |
| Equivalente de arena | MTC E 114 | 35% mín. | 45% mín. |
| Sales solubles | MTC E 219 | 0,5% máx. | 0,5% máx. |
| Durabilidad al sulfato de magnesio | MTC E 209 | ---- | 15% |

Cuadro 6. Ensayos y frecuencias

Ensayos y Frecuencias

| Material o producto | Propiedades características | Método de ensayo | Frecuencia | Lugar de Muestreo |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| | Granulometría | MTC E 204 | 1 cada 500 m | Pista |
| | | | 1 cada 750 m ³ | Cantera |
| Base Granular | Desgaste Los Angeles | MTC E 207 | 1 por mes | Cantera |
| | Índice de Plasticidad | MTC E 111 | 1 cada 500 m | Pista |
| | | | 1 cada 750 m ³ | Cantera |
| | Equivalente arena | MTC E 114 | 1 cada 1 Km | Pista |
| | | | 1 cada 2000 m ³ | Cantera |
| | Sales solubles | MTC E 219 | 1 cada semana | Cantera |
| | Densidad-Humedad | MTC E 117 | 1 cada 250 m ² | Pista |
| | | MTC E 124 | | |
| | CBR | MTC E 132 | 1 cada 1 Km | Pista |
| | | | 1 cada 2000 m ³ | Cantera |
| Partículas fracturadas | MTC E 210 | 1 cada 1 Km | Pista | |
| Partículas chatas y alargadas | MTC E 221 | 1 por día | Cantera | |
| Pérdida en sulfato de sodio (1) | MTC E 209 | 1 por mes | Cantera | |
| Pérdida en sulfato de magnesio | MTC E 209 | 1 por mes | Cantera | |

- (1) En lugar de este ensayo puede efectuarse Pérdida en Sulfato de Magnesio. No son requeridos ambos ensayos en forma simultánea.

Al referirse a Cantera en el lugar de muestreo, se entiende el material debidamente procesado previo a su colocación en vía. Para un control de los materiales a colocar, se recomienda tomar las muestras en los vehículos de transporte al sitio.

 **De la Evaluación:**

Las características físicas – mecánicas de la mezcla en laboratorio se encuentran resumidas en el siguiente cuadro, donde se puede apreciar claramente que se ha cumplido con lo exigido:

Cuadro 7. Resumen de las características físico – mecánicas del agregado grueso

| Ensayo | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Valores | | |
|--------------------------------------|-----------|------------|--------------|-----------|-----------|---------|
| | | | | Exigidos | Resultado | Chequeo |
| Partículas con una cara fracturada | MTC E 210 | D 5821 | | 80% min. | 83.6% | Cumple |
| Partículas con dos caras fracturadas | MTC E 210 | D 582 | | 40% min. | 55.1% | Cumple |
| Abrasión de los Ángeles | MTC E 207 | C 131 | T 96 | 40% máx. | 21.30% | Cumple |
| Partículas Chatas y Alargadas | MTC E 211 | D 4791 | | 15% máx. | 1.4% | Cumple |
| Sales Solubles | MTC E 219 | D 1888 | | 0.5% máx. | 0.06% | Cumple |
| Perdidas en Sulfato de Sodio | MTC E 209 | | | 12% máx. | 4.06% | Cumple |
| Índice de Durabilidad | MTC E 214 | | | 35% min. | 85.0% | Cumple |

| Ensayo | Norma MTC | Norma ASTM | Norma AASHTO | Valores | | |
|---------|-----------|------------|--------------|-----------|-----------|---------|
| | | | | Exigidos | Resultado | Chequeo |
| CBR (1) | MTC E 132 | D 1883 | T 193 | 80 % mín. | 120.3% | Cumple |

✚ Se encuentra sustentado en el Apartado de Certificado Ensayos Material a Nivel Base Granular Pruebas de Compactación – Densímetro Nuclear de los ANEXOS presentados.

Las propiedades Físico Mecánicas del material de Base ejecutados en los tramos, se muestra en la siguiente tabla:

Cuadro 8. Resumen de las Propiedades Físico Mecánicas del Material de Base Granular –Pista.

| Progresiva | Cantera | Partic. Chat. Alarg. (%) | LIMITES DE CONSISTENCIA | | Equiv. de Arena % | CLASIFICACIÓN | | PROCTOR | | Hum. (%) | C.B.R A 0.1" AL 100% | Abras. % | Porcentaje de Caras Fracturadas | |
|-------------|--|--------------------------|-------------------------|------|-------------------|---------------|---------|---------|-----|----------|----------------------|----------|---------------------------------|----------------|
| | | | L.L. | I.P. | | AASHTO | SUCS | MDS | OCH | | | | Con una o más % | Con Dos o más% |
| 2+500-3+000 | Puerto Nuevo I Km. 2+500ld. Material de Corte Km.1+900 | 1.50 | 15.80 | NP. | 51.5 | A-1-a(0) | GP - GM | 2.254 | 5.5 | 4.70 | 119.0 | 21.10 | 85.5 | 53.9 |
| 3+000-3+500 | Puerto Nuevo I Km. 2+500ld. Material de Corte Km.1+900 | 1.40 | 16.50 | NP. | 52.9 | A-1-a(0) | GP - GM | 2.248 | 5.7 | 4.30 | | 20.70 | 92.4 | 59.6 |
| 3+500-4+000 | Puerto Nuevo I Km. 2+500ld. Material de Corte Km.1+900 | 1.40 | 17.0 | NP. | 53.0 | A-1-a(0) | GP - GM | 2.250 | 5.4 | 4.50 | | 21.30 | 81.1 | 52.2 |
| 4+000-4+500 | Puerto Nuevo I Km. 2+500ld. Material de Corte Km.1+900 | 1.20 | 16.70 | NP. | 52.0 | A-1-a(0) | GP - GM | 2.245 | 5.3 | 4.0 | 120. | 21.40 | 83.8 | 55.5 |
| 4+500-5+000 | Puerto Nuevo I Km. 2+500ld. Material de Corte Km.1+900 | 1.30 | 17.70 | NP. | 53.1 | A-1-a(0) | GP - GM | 2.253 | 5.6 | 4.0 | | 21.50 | 87.2 | 57.4 |
| 5+000-5+500 | Puerto Nuevo I Km. 2+500ld. Material de Corte Km.1+900 | 1.50 | 16.90 | NP. | 53.3 | A-1-a(0) | GP - GM | 2.244 | 5.5 | 4.60 | | 20.70 | 84.5 | 52.8 |
| 5+500-6+000 | Puerto Nuevo I Km. 2+500ld. Material de Corte Km.1+900 | 1.30 | 15.50 | NP. | 53.2 | A-1-a(0) | GP - GM | 2.255 | 5.8 | 4.0 | 122.0 | 20.50 | 81.9 | 54.3 |
| 6+000-6+500 | Puerto Nuevo I Km. 2+500ld. Material de Corte Km.1+900 | 1.20 | 16.60 | NP. | | A-1-a(0) | GP - GM | 2.264 | 5.2 | 3.70 | | 20.60 | 82.1 | 54.8 |
| 6+500-7+000 | Puerto Nuevo I Km. 2+500ld. Material de Corte Km.1+900 | 1.30 | 17.20 | NP. | | A-1-a(0) | GP - GM | 2.257 | 5.0 | 3.50 | | 21.40 | 82.0 | 56.3 |
| 7+000-7+500 | Puerto Nuevo I Km. 2+500ld. Material de Corte Km.1+900 | 1.40 | 15.90 | NP. | 52.5 | A-1-a(0) | GP - GM | 2.255 | 5.3 | 4.10 | | 21.10 | 85.1 | 54.2 |

El material de Base en todos los casos cumplió con los requisitos de calidad solicitados por las Especificaciones Técnicas del Proyecto.

Se obtuvieron resultados satisfactorios, cumpliendo con las Especificaciones Técnicas del Proyecto y los cuales se encuentran en los ANEXOS.

Figura 6. Vista donde se observa el muestreo del material de Base granular en Acopio



El control de densidades de campo se realizó a través del ensayo de densidad in situ mediante el Densímetro Nuclear, relacionándolo con la máxima densidad seca obtenida del ensayo Densidad- Humedad (Proctor Modificado) en laboratorio.

Figura 7. Vista donde se observa la prueba de compactación a nivel de base granular, método densímetro nuclear



La compactación de la Base Granular debe ser mayor o igual a 100% respecto de la máxima densidad seca del laboratorio.

En los controles ejecutados se obtiene un promedio de 102.5%, el cual cumple con lo exigido, tal como se muestra en la tabla adjunta:

Cuadro 9. Grado de Compactación de la capa de Base granular

| RESUMEN ESTADÍSTICO | Campo | | Laboratorio | | Grado de Compact. |
|--------------------------|-------------|-----------------------|----------------|--------------|-------------------|
| | Humedad (%) | Densidad Seca (gr/cc) | M.D.S. (gr/cc) | O.C.H. (%) | |
| ESPECIFICACIÓN | | | | | > 100 % |
| NÚMERO DE ENSAYOS | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| SUMA DE VALORES | 517 | 277 | 270 | 648 | 12297 |
| PROMEDIO | 4.3 | 2.308 | 2.253 | 5.401 | 102.5 % |
| DESV. ESTÁNDAR | 0.18 | 0.01 | 0.01 | 0.24 | 0.44 % |
| VARIANZA | 0.03 | 0.0001 | 0.00004 | 0.06 | 0.19 |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | 4.12 | 0.35 | 0.27 | 4.42 | 0.43 % |
| VALOR MÍNIMO | 4.0 | 2.291 | 2.244 | 5.0 | 101.7 % |
| VALOR MÁXIMO | 5.0 | 2.329 | 2.264 | 5.8 | 103.5 % |

✚ Se encuentra sustentado en el Apartado de Ensayos COMPACTACIÓN BASE GRANULAR de los ANEXOS presentados.

Imprimación Asfáltica

Del Manual de Carreteras, sección 416.

416.01. Descripción.

Consiste en la aplicación de un riego asfáltico sobre la superficie de una base debidamente preparada, con la finalidad de recibir una capa de pavimento asfáltico o de impermeabilizar y evitar la disgregación de la base construida, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto. Incluye la aplicación de arena cuando sea requerido.

Cuadro 10. Especificaciones para asfaltos líquidos

Subsección 415.06.

Tabla 416-02
Especificaciones para asfaltos líquidos

| Tipo | Material Bituminoso Diluido | | | | | |
|--|-----------------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| | MC-30 | | MC-70 | | MC-250 | |
| | min | máx. | min | máx. | min | máx. |
| Pruebas sobre el Material Bituminoso | | | | | | |
| -Viscosidad Cinemática a 60°C, cSt | 30 | 60 | 70 | 140 | 250 | 500 |
| -Punto de Inflamación, °C | 38 | | 38 | | 66 | |
| -Ensayo de destilación | | | | | | |
| -Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 °C | | | | | | |
| -a 225 °C | - | 25 | - | 20 | - | 10 |
| -a 260 °C | 40 | 70 | 20 | 60 | 15 | 55 |
| -a 315 °C | 75 | 93 | 65 | 90 | 60 | 87 |
| Residuo del destilado a 360 °C, % en volumen por diferencia | 50 | - | 55 | - | 67 | - |
| Pruebas en el Residuo de Destilación: | | | | | | |
| Viscosidad Absoluta a 60°C, Pa.s., (P) ^(*) | 30 (300) | 120 (1.200) | 30 (300) | 120 (1.200) | 30 (300) | 120 (1.200) |
| Ductilidad a (25°C), 5 cm/min, cm | 100 | - | 100 | - | 100 | - |
| Solubilidad en Tricloro – etileno, % | 99,0 | - | 99,0 | - | 99,0 | - |
| Ensayo de la Mancha (Olefinas) ^(**) | | | | | | |
| Solvente Nafta – Estándar | Negativo | | Negativo | | Negativo | |
| Solvente Nafta – Xileno, % Xileno | Negativo | | Negativo | | Negativo | |
| Solvente Heptano – Xileno, % Xileno | Negativo | | Negativo | | Negativo | |

(*) En reemplazo del ensayo de viscosidad absoluta del residuo, se puede reportar el ensayo de penetración a 100g, 5s a 25°C, siendo el rango de 120 a 250 para los materiales bituminosos citados.

(**) Porcentajes de solvente a usar, se determinará si el resultado del ensayo indica positivo.

Nota: Si la ductilidad a 25°C es menor a 100cm, el material será aceptado si la ductilidad a 15°C, 5 cm/min es como mínimo 100cm.

Fuente: ASTM D 2027, AASHTO M 82 y NTP

Materiales según Especificaciones Técnicas

Materiales

El material bituminoso a aplicar en este trabajo será el siguiente:

- (a) Asfalto líquido, de grado MC-30, que cumpla con los requisitos de la Tabla N° 400-5.

- (b) En caso de bases de textura abierta, podría ser admitido el uso de MC-70.

El tipo de material a utilizar deberá ser establecido en el Proyecto o según lo indique el Supervisor. El material debe ser aplicado tal como sale de planta, sin agregar ningún solvente o material que altere sus características.

*La cantidad de material bituminoso por metro cuadrado (m²) de superficie que se vaya a imprimir, deberá estar comprendido entre **0.20 y 0.40 galones**, para una penetración dentro de la capa granular de apoyo **de por lo menos 10 mm**.*

Evaluación

Se efectuó el riego de imprimación en la capa de base granular empleándose material bituminoso, con una tasa de aplicación promedio de 1.187 lt/m² de acuerdo a la textura superficial de la base granular del tramo a imprimir.

Antes de la aplicación del riego de imprimación, se efectúa la limpieza de la superficie de la Base granular con barredora mecánica y compresora.

La temperatura de aplicación es de 70 °C promedio, obteniéndose una penetración > o igual a 10 mm. a las 24 horas, **cumpliendo con las Especificaciones Técnicas del Proyecto y cuyas tasas de aplicación se encuentran en los ANEXOS.**

Cuadro 11. Tramos ejecutados a nivel de Imprimación

| Tramo | | Lado | Longitud (m) |
|---------------|-------|------|--------------|
| Inicio | Final | | |
| 2+400 – 3+360 | | Der. | 960.0 |
| 2+910 – 3+285 | | lza. | 375.0 |
| 3+350 – 3+600 | | Der. | 250.0 |
| 3+605 – 4+030 | | lza. | 425.0 |
| 4+050 – 4+500 | | Der. | 450.0 |
| 4+500 – 4+800 | | Der. | 300.0 |
| 4+500 – 4+800 | | lza. | 300.0 |
| 5+200 -5+500 | | lza. | 300.0 |
| 5+200 – 5+500 | | Der. | 300.0 |
| 5+500 – 5+810 | | Der. | 310.0 |
| 5+500 – 5+810 | | lza. | 310.0 |
| 5+840 – 6+505 | | Der. | 665.0 |
| 5+840 – 6+505 | | lza. | 665.0 |
| 6+505 – 7+080 | | Der. | 575.0 |
| 6+505 – 7+080 | | lza. | 575.0 |

Cumple con las Especificaciones técnicas.

- ✚ Se encuentra sustentado en el Apartado de CERTIFICADOS CONTROL DE IMPRIMACIÓN de los ANEXOS presentados.

Tratamiento Superficial Bicapa

Este servicio consistió en la aplicación de dos capas de tratamiento asfáltico, para ello se trabajó previamente la Base granular las cuales fueron imprimadas, posteriormente se aplicó el tratamiento superficial bicapa, para la ejecución de este servicio se ha empleado emulsión CRS-2 agregado granular triturado procedente de la cantera Puerto Nuevo I.

En la ejecución, se verifico constantemente las tasas de agregado y de emulsión, certificando que estas cumplan las condiciones de diseño requeridas, así también, un factor de control muy importante fue la ***temperatura del material bituminoso la cual según especificación técnica debería estar en***

60 °C, con estos controles realizados hemos se asegura la calidad del producto terminado.

Especificaciones Técnicas

Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

Agregados pétreos

Los agregados gruesos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

Cuadro 12. Requerimientos de los agregados para el TSB

| Ensayos | Especificaciones |
|--|-------------------------|
| Partículas con una cara fracturada (MTC E 210) | 85% mín. |
| Partículas con dos caras fracturadas (MTC E 210) | 60% mín. |
| Partículas Chatas y alargadas (MTC E-221) | 15% máx. |
| Abrasión (MTC E 207) | 40% máx. |
| Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209) | 18% máx. |
| Adherencia (ASTM D 1664 –AASHTO T 182) | +95 |
| Terrones de Arcilla y Partículas Friables (MTC E212) | 3% máx. |
| Sales solubles Totales (MTC E 219) | 0.5% máx. |

Además deberán ajustarse a alguna de los husos abajo descritos:

El tipo de material y su respectiva gradación corresponde al n° de Uso A y C, para la primera y segunda capa respectivamente.

Material Bituminoso

El material bituminoso a ser aplicado será:

Emulsión catiónica de rotura rápida la cual deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos:

**Cuadro 13. Requisitos de Material Bituminoso Diluido para Curado Rápido
(AASHTO M-81)**

| Características | Ensayo | RC-70 | | RC-250 | | RC-800 | |
|--|-----------|-------|------|--------|------|--------|------|
| | | Mín. | Máx. | Mín. | Máx. | Mín. | Máx. |
| Viscosidad Cinemática a 60°C, mm ² /s | MTC E 301 | 70 | 140 | 250 | 500 | 800 | 1600 |
| Punto de Inflamación (TAG, Capa abierta) °C | MTC E 312 | - | - | 27 | - | 27 | - |
| Destilación, volumen Total destilado hasta 360°C, %Vol. A 190°C A 225°C A 260°C A 316°C | MTC E 313 | 10 | 50 | - | 35 | - | - |
| | | 70 | 85 | - | 60 | 80 | - |
| | | | | | | 15 | - |
| | | | | | | 45 | - |
| | | | | | | 75 | - |
| Residuo de la destilación a 360°C | | 55 | | 65 | - | 75 | - |
| Pruebas sobre el residuo de la destilación <input type="checkbox"/> Ductilidad a 25°C, 5 cm/min., cm. Penetración a 25°C, 100 gr., 5 seg. (*) <input type="checkbox"/> Viscosidad absoluta a 60°C, Pa.s <input type="checkbox"/> Solubilidad en tricloetileno, % | MTC E 306 | | | | | | |
| | MTC E 304 | 100 | - | 100 | - | 100 | - |
| | | 80 | 120 | 80 | 120 | 80 | 120 |
| | MTC E 302 | 60 | 240 | 60 | 240 | 60 | 240 |
| | | 99 | - | 99 | - | 99 | - |
| Contenido de agua, % del volumen | | - | 0.2 | - | 0.2 | - | 0.2 |

Cuadro 14. Especificaciones para Emulsiones Catiónicas (ASTM D-2397)

| Tipo Grado | Rotura Rápida | | | |
|---|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | CRS-1 | | CRS-2 | |
| | min | máx. | min | máx. |
| Prueba sobre Emulsiones | | | | |
| - Viscosidad Saybolt Furol a 25°Cs | - | - | - | - |
| - Viscosidad Saybolt Furol a 50°Cs | 20 | 100 | 100 | 400 |
| - Estabilidad de Almacenamiento, 24h,% (**) | | 1 | | 1 |
| Demulsibilidad, 35 cm ³ , 0.8% Diocilsulfosuccinato sódico,% | 40 | - | 40 | - |
| - Revestimiento y Resistencia al agua: | | | | |
| - Revestimiento agregado seco | | | | |
| - Revestimiento, agregado seco después del rociado | | | | |
| - Revestimiento, agregado húmedo | | | | |
| - Revestimiento, agregado húmedo después del rociado | | | | |
| Carga de Partícula | Positivo | | Positivo | |
| Prueba de Tamiz % (**) | - | 0.1 | - | 0.10 |
| Mezcla de Cemento, % | | | | |
| Destilación : | | | | |
| - Destilación de aceite, por volumen de Emulsión | - | 3 | - | 3 |
| - % Residuo | 60 | - | 65 | - |
| Pruebas sobre el Residuo de destilación: | | | | |
| - Penetración, 25°C, 100g,5s | 100(a) 50(a) | 250(a) 150(a) | 100(a) 50(a) | 250(a) 150(a) |
| - Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm. | 40 | | 40 | |
| - Solubilidad en Tricloretileno,% | 97.5 | | 97.5 | |

(**) Este requerimiento de prueba en muestras representativas se exige.

(a) En Función a las condiciones climáticas del Proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-150 o 100-250).

El material bituminoso será distribuido dentro de los rangos de temperatura determinados en la carta viscosidad - temperatura.

Equipo

Según Especificaciones Técnicas (expediente Técnico)

Equipo para la limpieza de la superficie, distribuidor del material bituminoso, esparcidor de agregado pétreo, compactadores neumáticos y herramientas menores.

a) Equipo para la aplicación del ligante bituminoso

Para los trabajos de aplicación de ligante requieren elementos mecánicos de limpieza y carrotanques irrigadores de asfalto.

El equipo para limpieza estará constituido por una barredora mecánica y/o una sopladora mecánica. La primera será del tipo rotatorio y ambas serán operadas mediante empuje o arrastre con tractor. Como equipo adicional podrán utilizarse compresores, escobas, y demás implementos que el Supervisor autorice.

El carrotanque imprimador de materiales bituminosos deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante de cualquier material bituminoso, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carro tanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carro tanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme. Por ningún motivo

se permitirá el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

Para áreas inaccesibles al carro tanque y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carro tanque con boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

b) Equipo para la extensión del agregado pétreo

Se emplearán distribuidoras de agregados autopropulsadas o extendedoras mecánicas acopladas a volquetes, que sean aprobados por el Supervisor y garanticen un esparcido uniforme del agregado.

c) Equipo de compactación

Se emplearán rodillos neumáticos de un peso superior a cinco toneladas (5t). Sólo podrán emplearse rodillos metálicos lisos si, a juicio del Supervisor, su acción no produce fractura de los agregados pétreos.

El ancho mínimo compactado por el rodillo neumático será de 1.5 m. y la mínima presión de contacto de los neumáticos con el suelo será de 550 kilo pascales.

De la evaluación y Verificación

a) El carrotanque imprimador de materiales bituminosos cumple con exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante de cualquier material bituminoso. El vehículo está provisto de un velocímetro calibrado en metros. Su velocidad es de 0.1(m/s),

Figura 8. Vista donde se observa el regado del material bituminoso.



Figura 9. Vista donde se observa el regado del agregado de primera capa Del T.S.B



Figura 10. Vista donde se observa el regado del agregado T.S.B y Distribuidora de agregado autopropulsada



c) De la evaluación y verificación.

Cumple con lo requerido rodillos neumáticos de un peso superior a cinco toneladas (5t).

El ancho mínimo compactado por el rodillo neumático es de 1.5 m. y la mínima presión de contacto de los neumáticos con el suelo es de 550 kilo pascales.



Figura 11. Vista donde se observa el compactado del agregado TSB con el rodillo neumático.

✚ Cumplen con lo requerido por las Especificaciones y técnicas y por el Supervisor.

DOSIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Tratamiento Superficial Bi-capa (TSB)

Consiste en la aplicación de dos capas de ligante bituminoso y agregados pétreos.

FORMULACIÓN DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL BI-CAPA

➤ Agregados Componentes

Los agregados a usarse son los siguientes:

- **Huso Granulométrico A (Primera Capa):**

Grava triturada 1" – 3/4", procesada en la Planta Industrial Km. 237+800LD. Este material es obtenido de la cantera Puerto Nuevo I. Km. 2+500 LD.

- **Huso Granulométrico C (Segunda Capa):**

Gravilla triturada 1/2" – 3/8", procesada en la Planta Industrial Km. 237+800 LD. Este material es obtenido de la cantera Puerto Nuevo I. Km. 2+500 LD.

- **Propiedades del Agregado Primera Capa Huso A :**

Las propiedades de los agregados de Huso Granulométrico A se resumen en la tabla siguiente:

Cuadro 15. Características físico mecánicas del agregado de gradación A.

| Ensayos | Especificaciones | Resultado |
|--|------------------|-----------|
| Partículas con una cara fracturada (MTC E 210) | 85% mín. | 88.8% |
| Partículas con dos caras fracturadas (MTC E 210) | 60% mín. | 81.9% |
| Partículas Chatas y alargadas (MTC E-221) | 15% máx. | 6.7% |
| Abrasión (MTC E 207) | 40% máx. | 21.10% |
| Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209) | 18% máx. | 4.75% |
| Adherencia (MTC E 519) | +95 | +95 |
| Terrones de Arcilla y Partículas Friables (MTC E212) | 3% máx. | 0.13% |
| Sales solubles Totales (MTC E 219) | 0.5% máx. | 0.06% |

- **Propiedades del Agregado Segunda Huso N° C**

Las propiedades de los agregados para la gradación C se resumen en la tabla siguiente:

Cuadro 16. Características físico mecánicas del agregado de gradación C

| Ensayos | Especificaciones | Resultado |
|--|-------------------------|------------------|
| Partículas con una cara fracturada (MTC E 210) | 85% mín. | 87.81% |
| Partículas con dos caras fracturadas (MTC E 210) | 60% mín. | 69.18% |
| Partículas Chatas y alargadas (MTC E-221) | 15% máx. | 6.40% |
| Abrasión (MTC E 207) | 40% máx. | 20.97% |
| Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209) | 18% máx. | 5.20% |
| Adherencia (MTC E 519) | +95 | +95 |
| Terrones de Arcilla y Partículas Friables (MTC E212) | 3% máx. | 0.08% |
| Sales solubles Totales (MTC E 219) | 0.5% máx. | 0.07% |

Cumple con las Especificaciones técnicas.

- ✚ Se encuentra sustentado en el Apartado de ENSAYOS DE AGREGADOD T.S.B. 1RA Y 2DA CAPA de los ANEXOS presentados.

Producción en Pista

En cada producción en pista, por la mañana y en la tarde se realizan controles de la tasa de aplicación de agregados para determinar el porcentaje de agregados y material bituminoso dispuestos en cada capa del tratamiento Superficial.

Las tasas de aplicación del agregado y la emulsión para cada capa se están controlando en función a lo obtenido en pista, tal como se informa en los anexos de Control de Calidad correspondientes.

Cuadro 17. Tramos ejecutados, Primera Capa

| Tramo | | Lado | Capa | Longitud (m) | Tasa Emulsión | Tasa de Agregados |
|--------|-------|------|------|--------------|---------------|-------------------|
| Inicio | Final | | | | Lt/m2 | Kg/m2 |
| 0+870 | 1+130 | Der. | 1 | 260 | 1.77 | 22.9 |
| 1+160 | 1+410 | Der. | 1 | 250 | 1.8 | 22.84 |
| 1+410 | 1+600 | Der. | 1 | 190 | 1.82 | 22.90 |
| 1+720 | 1+990 | Der. | 1 | 270 | 1.77 | 22.9 |
| 1+600 | 1+990 | lza. | 1 | 390 | 1.70 | 23.48 |

| Tramo | | Lado | Capa | Longitud (m) | Tasa Emulsión | Tasa de Agregados |
|--------|-------|------|------|--------------|---------------|-------------------|
| Inicio | Final | | | | Lt/m2 | Kg/m2 |
| 1+600 | 1+720 | Der. | 1 | 120 | 1.60 | 23.18 |
| 1+070 | 1+360 | lza. | 1 | 260 | 1.78 | 22.88 |
| 1+870 | 1+070 | lza. | 1 | 200 | 1.80 | 22.76 |
| 1+360 | 1+600 | lza. | 1 | 240 | 1.77 | 22.98 |
| 1+990 | 2+290 | Der. | 1 | 280 | 1.78 | 23.16 |
| 1+990 | 2+280 | Der. | 1 | 290 | 1.62 | 22.58 |
| 2+230 | 2+560 | Der. | 1 | 280 | 1.66 | 22.69 |
| 2+560 | 2+840 | Der. | 1 | 280 | 1.71 | 23.00 |
| 2+840 | 3+105 | Der. | 1 | 265 | 1.71 | 22.87 |
| 2+280 | 2+560 | Der. | 1 | 280 | 1.73 | 22.55 |
| 2+560 | 2+840 | Der. | 1 | 280 | 1.75 | 23.06 |
| 2+840 | 3+105 | Der. | 1 | 265 | 1.76 | 22.78 |
| 3+390 | 3+670 | Der. | 1 | 280 | 1.87 | 22.30 |
| 3+670 | 3+930 | Der. | 1 | 260 | 1.89 | 22.50 |
| 3+390 | 3+670 | lza. | 1 | 280 | 1.83 | 22.42 |
| 3+930 | 4+030 | Der. | 1 | 100 | 1.80 | 22.0 |
| 4+040 | 4+215 | Der. | 1 | 175 | 1.83 | 22.54 |
| 3+670 | 3+930 | lza. | 1 | 260 | 1.87 | 22.36 |
| 3+930 | 4+040 | lza. | 1 | 110 | 1.80 | 22.4 |
| 4+040 | 4+215 | lza. | 1 | 175 | 1.9 | 21.0 |
| 6+260 | 6+380 | Der. | 1 | 120 | 1.83 | 22.0 |
| 6+380 | 6+475 | Der. | 1 | 95 | 1.83 | 22.23 |

| Tramo | | Lado | Capa | Longitud (m) | Tasa Emulsión Lt/m2 | Tasa de Agregados Kg/m2 |
|--------|-------|------|------|--------------|---------------------|-------------------------|
| Inicio | Final | | | | | |
| 6+260 | 6+380 | lzc. | 1 | 120 | 1.78 | 22.18 |
| 6+380 | 6+475 | lzc. | 1 | 95 | 1.78 | 22.20 |
| 6+475 | 6+780 | Der. | 1 | 305 | 1.8 | 22.18 |
| 6+475 | 6+780 | lzc. | 1 | 305 | 1.79 | 22.14 |
| 6+780 | 6+920 | Der. | 1 | 140 | 1.8 | 22.14 |
| 6+920 | 7+100 | Der. | 1 | 180 | 1.83 | 22.21 |
| 6+780 | 6+920 | Der. | 1 | 140 | 1.87 | 22.30 |
| 6+920 | 7+100 | Der. | 1 | 180 | 1.81 | 22.27 |

✚ Se encuentra sustentado en el Apartado de CONTROL PISTA AGREGADOS Y TASA DE APLICACION T.S.B. de los ANEXOS presentados.

Cuadro 18. Tramos ejecutados, Segunda Capa

| Tramo | | Lado | Capa | Longitud (m) | Tasa Emulsión Lt/m2 | Tasa de Agregados Kg/m2 |
|--------|-------|------|------|--------------|---------------------|-------------------------|
| Inicio | Final | | | | | |
| 0+870 | 1+220 | lzc. | 2 | 395 | 1.53 | 14.55 |
| 1+220 | 1+600 | lzc. | 2 | 375 | 1.51 | 14.36 |
| 0+870 | 1+220 | Der. | 2 | 305 | 1.50 | 14.33 |
| 1+220 | 1+600 | Der. | 2 | 365 | 1.51 | 14.28 |
| 1+600 | 1+970 | Der. | 2 | 370 | 1.23 | 13.88 |
| 1+600 | 1+990 | lzc. | 2 | 390 | 1.25 | 14.66 |

| Tramo | | Lado | Capa | Longitud (m) | Tasa Emulsión Lt/m2 | Tasa de Agregados Kg/m2 |
|--------|-------|------|------|--------------|---------------------|-------------------------|
| Inicio | Final | | | | | |
| 1+970 | 1+990 | Der. | 2 | 20 | 1.24 | 14.58 |
| 1+990 | 2+410 | lzc. | 2 | 400 | 1.33 | 14.33 |
| 2+410 | 2+720 | lzc. | 2 | 310 | 1.30 | 14.33 |
| 2+720 | 3+905 | lzc. | 2 | 375 | 1.35 | 14.35 |
| 1+980 | 2+020 | Der. | 2 | 40 | 1.33 | 14.55 |
| 2+020 | 2+350 | Der. | 2 | 330 | 1.36 | 14.65 |
| 2+350 | 2+700 | Der. | 2 | 350 | 1.35 | 14.63 |
| 2+700 | 2+980 | Der. | 2 | 230 | 1.36 | 14.63 |

| Tramo | | Lado | Capa | Longitud (m) | Tasa Emulsión Lt/m2 | Tasa de Agregados Kg/m2 |
|--------|-------|------|------|--------------|---------------------|-------------------------|
| Inicio | Final | | | | | |
| 2+930 | 3+105 | Der | 2 | 175 | 1.30 | 14.60 |
| 3+390 | 3+740 | Der. | 2 | 335 | 1.30 | 14.22 |
| 3+390 | 3+740 | lzq. | 2 | 335 | 1.30 | 14.20 |
| 3+740 | 4+090 | Der | 2 | 850 | 1.35 | 14.33 |
| 4+090 | 4+215 | Der | 2 | 125 | 1.39 | 14.35 |
| 3+740 | 4+080 | lzq. | 2 | 340 | 1.35 | 14.22 |
| 4+080 | 4+215 | lzq. | 2 | 185 | 1.35 | 14.26 |
| 4+215 | 4+380 | lzq. | 2 | 165 | 1.31 | 14.66 |
| 4+380 | 4+700 | lzq. | 2 | 320 | 1.31 | 14.67 |
| 4+215 | 4+380 | Der | 2 | 165 | 1.34 | 14.70 |
| 4+380 | 4+700 | Der | 2 | 320 | 1.34 | 14.82 |
| 4+700 | 5+000 | lzq. | 2 | 300 | 1.33 | 14.22 |
| 5+000 | 5+500 | lzq. | 2 | 500 | 1.32 | 14.15 |
| 4+700 | 5+000 | Der | 2 | 300 | 1.37 | 14.20 |
| 5+000 | 5+500 | Der | 2 | 5000 | 1.34 | 14.19 |
| 5+500 | 5+900 | lzq. | 2 | 400 | 1.33 | 14.44 |
| 5+900 | 6+200 | lzq. | 2 | 300 | 1.32 | 14.46 |
| 5+500 | 5+900 | Der | 2 | 400 | 1.37 | 14.55 |
| 5+900 | 6+200 | Der | 2 | 300 | 1.34 | 14.57 |
| 6+200 | 6+500 | lzq. | 2 | 300 | 1.33 | 13.88 |
| 6+500 | 6+800 | lzq. | 2 | 300 | 1.30 | 13.75 |
| 6+800 | 7+080 | lzq. | 2 | 280 | 1.35 | 14.10 |
| 6+200 | 6+500 | Der | 2 | 300 | 1.35 | 14.26 |
| 6+500 | 6+800 | Der | 2 | 200 | 1.36 | 14.24 |
| 6+800 | 7+080 | Der | 2 | 280 | 1.30 | 14.20 |

3.8 TIPO DE INVESTIGACION: En el presente estudio se realizó una investigación Tipo Descriptiva.

CAPITULO IV

ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis

Es necesario aclarar que los resultados obtenidos en el presente estudio, se llevaron a cabo utilizando métodos cualitativos, donde los resultados son afirmados o rectificadas en la medida que se realizaron los ensayos correspondientes acorde a lo exigido en las Especificaciones Técnicas del Proyecto y en las Especificaciones Generales de construcción de carreteras EG-2000 y 2013 del MTC.

A continuación se describe y explica los resultados de cada uno de las fases, los cuales fueron evaluados utilizando lo descrito en el capítulo anterior.

Las especificaciones Técnicas, según las generalidades sección 01, se indica que el Contratista deberá ejecutar los trabajos de Mejoramiento vial de las vías departamentales Ruta AM-100, y deberá ceñirse esencialmente a las presentes especificaciones técnicas generales y especiales, que fueron elaboradas en base a lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-2013.

- De los Materiales

Los agregados para la primera capa y segunda capa y el material bituminoso (emulsión asfáltica) que viene utilizando el Contratista, a la fecha cumple los requisitos de calidad exigidos en las especificaciones técnicas.

La sustentación del cumplimiento de los requisitos exigidos según las especificaciones técnicas, han sido mencionados en los correspondientes informes mensuales.

- **De los Equipos**

a) Equipo para la preparación de la superficie existente

Los elementos mecánicos que viene utilizando el Contratista para la limpieza de la superficie existente son; barredora mecánica y una sopladora mecánica, antes de aplicar el ligante bituminoso, que resultan ser los exigidos.

b) Equipo para la Aplicación del ligante bituminoso – Carro Tanque Imprimador

De acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto, el equipo exigido es un carro tanque imprimador de material bituminoso, que deberá cumplir las exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante del material bituminoso, sin que afecte la carga en la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante.

A la fecha el Contratista viene utilizando una Cocina asfáltica de capacidad de 480 galones, que es remolcada por un camión baranda (Figura 9). Este equipo mantiene la horizontalidad de la barra y no se obstruye sus boquillas, cuando se le exige trabajos de gran magnitud; permitiendo que la distribución del material bituminoso sea uniforme; razón por la cual contribuye a la uniformidad del pavimento terminado a nivel de TSB.

c) Equipo para la extensión y Compactación de los agregados

De acuerdo a las especificaciones técnicas, se exige una distribuidora de agregado autopropulsada o extendedoras mecánicas acopladas a volquetes,

que sean aprobadas por el Supervisor y garanticen el esparcido uniforme del agregado.

A la fecha se viene utilizando, distribuidora de agregado autopropulsada, viene garantizando la uniformidad de los agregados esparcidos tanto para la primera como segunda capa, estableciéndose que el contratista cumple con el equipo exigido en las especificaciones técnicas, la misma que contribuye a que el pavimento terminado tenga la uniformidad requerida.

En cuanto al equipo de compactación, para fijar los agregados de la primera capa, utilizan el equipo rodillo neumático que es el adecuado y el número de pasadas es superior a 3.

De las consideraciones expuestas, se establece que el equipo que cuenta el Contratista para la extensión de los agregados para el TSB, es el exigido en las especificaciones técnicas y aprobadas por el Supervisor.

4.1.1 En cuanto al espesor del tratamiento Superficial Bicapa.

En la partida 4.02 mejoramiento de la superficie de rodadura con solución básica; Tratamiento Superficial Bicapa se señala E=1”.

Por otro lado, en la calidad del producto terminado se menciona los siguientes controles

- Tasa de aplicación.
- Textura
- Rugosidad

Observándose de que no se menciona el control de espesor del tratamiento superficial bicapa

A fin de verificar el valor real del espesor del pavimento, se efectuó en el Laboratorio de Suelos, un mosaico de 0.50 x 0.50 m definido por un listón de madera de 1" (2.54 cm) de espesor (figura 9, 10), en donde se simuló la aplicación del tratamiento superficial bicapa, con las siguientes dosificaciones:

Riego material Bituminoso

Primer Riego 1.9 Lt/m²

Segundo Riego 1.4 lt/m²

Esparcido de agregados

Primera Capa 22 kg/m²

Segunda Capa 14 kg/m²



Figura 12. Aplicación del primer riego y 1era capa agregados



Figura 13. Fijación del agregado mediante apisonado



Figura 14. Determinación del espesor final donde se observa que el TSB fabricado en laboratorio con la gradación y dosificación establecida no cubre el espesor total del listón de 1" (2.5 cm).

Estableciéndose que aplicando la primera capa y eliminando el material excedente, el espesor medido es de 1.4 cm y aplicando el segundo riego y la segunda capa de agregado se complementa un espesor total de 1,9 cm, como se observa en el siguiente cuadro.

| | | |
|---|--------|--------|
| Segunda Capa Agregados 14 Kg/m ² | 0.5 cm | 1.9 cm |
| Primera Capa Agregados 22 kg/m ² | 1.4 cm | |

Cuadro 19. Dimensiones de Capas del Tratamiento Superficial

Estableciéndose que el tamaño máximo representativo de los agregados de acuerdo a los husos granulométricos, seleccionadas determinan el espesor total del tratamiento superficial bicapa.

De acuerdo a las especificaciones técnicas las gradaciones propuestas fueron la gradación A y la C, como se indica en la tabla 03.02.

*Tabla 03.02
Rangos de Gradación para tratamientos superficiales*

| Tamiz | Porcentaje que pasa | | | |
|-----------------|---------------------|----------|----------|----------|
| | Tipo de Material | | | |
| | A | B | C | D |
| 25,0 mm. (1") | 100 | - | - | - |
| 19,0 mm. (3/4") | 90 – 100 | 100 | - | - |
| 12,5 mm. (1/2") | 10 – 45 | 90 – 100 | 100 | - |
| 9,5 mm. (3/8") | 0 – 15 | 20 – 55 | 90 – 100 | 100 |
| 6,3 mm. (1/4") | - | 0 – 15 | 10 – 40 | 90 – 100 |
| 4,75 mm. (N°4) | 0 – 5 | - | 0 – 15 | 20 – 55 |
| 2,36 mm. (N°8) | - | 0 – 5 | 0 – 5 | 0 – 15 |
| 2,36 mm. (N°16) | - | - | - | 0 – 5 |

Cuadro 20. Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales

Los agregados tanto para la primera capa como segunda capa, cumplen el huso granulométrico especificado.

Primera Capa granulometría del agregado

| Tamiz | Gradación EG 2013 | | Material Obtenido Zarandeo Datos Estadísticos | | | Conclusión |
|-------|----------------------|-----|--|--------|--------|---------------|
| | | | Promedio | Mínimo | Máximo | |
| 1/2" | 100 | 100 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | Cumple |
| 3/4" | 90 | 100 | 91.9 | 89.3 | 94.1 | Cumple |
| 1/2" | 20 | 55 | 46.6 | 35.1 | 54.4 | Cumple |
| 3/8" | 0 | 15 | 9.4 | 4.9 | 11.3 | Cumple |
| N° 8 | 0 | 5 | 1,5 | 0.2 | 3.0 | Cumple |

Cuadro 21. Dimensiones de la primera capa

El espesor de la primera capa del agregado representativo según la granulometría sería la malla 1/2" pasa 54.4 % y retiene un % acumulado de 45.6%.

La malla 1/2", tiene una dimensión de 1.25 cm.

Segunda Capa granulometría del agregado

| Tamiz | Gradación Huso Propuesto CVA | | Material Obtenido Zarandeo Datos Estadísticos | | | Conclusión |
|-------|---------------------------------|-----|--|--------|--------|------------|
| | | | Promedio | Mínimo | Máximo | |
| 1/2" | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | Cumple |
| 3/8" | 90 | 100 | 96.0 | 95.1 | 96.4 | Cumple |
| 1/4" | 10 | 40 | 19.2 | 16.0 | 21.2 | Cumple |
| N° 4 | 0 | 15 | 3.9 | 3.1 | 5.7 | Cumple |
| N° 8 | 0 | 5 | 2.0 | 1.8 | 2.3 | Cumple |

Cuadro 22. Dimensiones de la Segunda capa

La malla de 1/4" pasa 19.2% y retiene acumulado 71.8% y significa el tamaño representativo que define el espesor de la segunda capa.

La malla de 1/4" tiene una dimensión de 0.6 cm.

El espesor determinado en laboratorio simulando una aplicación en campo, sería 1.85 cm del espesor del tratamiento superficial bicapa, de acuerdo a la granulometría que cumple el huso granulométrico especificado.

De las consideraciones expuestas se establece que no es procedente exigir al Contratista un espesor de TSB de 1" (2.5 cm), con la utilización de los

husos granulométricos especificados, porque de acuerdo a las dosificaciones establecidas, no se alcanzaría el espesor de 1" (2.5 cm).

4.1.2 En cuanto a la rugosidad y textura del tratamiento superficial bicapa.

4.1.2.1. Evaluación de la rugosidad

Para la evaluación de la rugosidad se utilizó un equipo Merlin.

Con los datos obtenidos con el Merlin, se ha calculado el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que es la escala estándar en la que se mide la rugosidad de los pavimentos.

Cuadro 23. Resumen de evaluación de rugosidad

Km.0+860 al Km 7+070

| PARAMETRO | IRI (m/Km) Carril Derecho | IRI (m/Km) Carril Izquierdo | IRI (m/Km) Promedio |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| IRI CARACTERISTICO | 2.25 | 2.25 | 2.25 |

Del cuadro resumen presentado, se tiene un valor de IRI característico de 2.25 m/Km. para el carril izquierdo, para el carril derecho, se tiene un valor de 2.25 m/Km., y el promedio de ambos carriles es de 2.25 m/km. lo cual es menor a 2.5 m/km. cumpliéndose con las Especificaciones Técnicas del Proyecto, y los cuales se anexan a la presente. En Anexos se detalla el análisis de cálculo de Rugosidad

- Así mismo se obtuvo un valor del Índice de Serviciabilidad presente PSI de 3.32 y de acuerdo a la Cuadro N°01 se encuentra en una rango de serviciabilidad **buena**.

4.1.2.2 Medición de la Microtextura

Para la estimación de la fuerza de fricción longitudinal y transversal, se usó el Péndulo – TRRL, obteniéndose los siguientes resultados:

RESUMEN FINAL DE EVALUACION DEL COEFICIENTE DE FRICCION - RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

Cuadro 24. Km00 +870 al Km 7+070

| RESUMEN ESTADÍSTICO | | |
|-------------------------------|-----|-------|
| VALOR PROMEDIO (Σ/n) | | 0.613 |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | 0.047 |
| VALORES ESPECIFICADOS | MÍN | 0.45 |
| VALORES ESTADÍSTICOS | MÍN | 0.547 |
| | MÁX | 0.715 |

En anexos se detalla el ensayo del Coeficiente de Fricción – Resistencia al Deslizamiento – Método del Péndulo Inglés. MTC E-1004 - 2000 .

4.1.2.3 Medición de la Macrotextura

En la medición de la Macrotextura se utilizó el método del círculo de arena, obteniéndose los siguientes resultados:

RESUMEN FINAL DE EVALUACION DE TEXTURA SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO – METODO VOLUMETRICO CIRCULO DE ARENA.

Cuadro 25.Km 00+870 al Km 7+070

| RESUMEN ESTADÍSTICO | | |
|-------------------------------|-----|-------|
| VALOR PROMEDIO (Σ/n) | | 1.37 |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | 0.113 |
| COEFICIENTE DE VARIACION | | 8.31 |
| VALORES ESPECIFICADOS | MÍN | 1.2 |
| VALORES ESTADÍSTICOS | MÍN | 1.24 |
| | MÁX | 1.62 |

- ✚ Se encuentra sustentado en el Apartado de CONTROLES EFECTUADOS A NIVEL DE BICAPA TERMINADO de los ANEXOS presentados.

4.2. **Discusión acorde a los resultados de Investigación**

Luego de haber evaluado DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA A NIVEL DE EJECUCIÓN, DE LA OBRA MEJORAMIENTO DE LA RUTA AM-100, BAGUA- LA PECA; DEL CIRCUITO VIAL II – AMAZONAS; podemos discutir nuestros resultados con la investigación de El autor (Fernandez, 1997) desarrollo la tesis “**Consideraciones Generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos**”, en la cual desarrolla y define conceptos, enmarcados en forma adecuada para diseño de los diferentes tipos de pavimentos, cumpliendo con las especificaciones dadas por organismos internacionales y nacionales para las diferentes capas que conforman.

Por ello realizar una adecuada evaluación de la vía es indispensable para determinar una buena ejecución del proceso constructivo y el resultado de la evaluación de la misma será óptima, llegando a respetar todas las especificaciones técnicas tomadas.

El espesor del tratamiento superficial bicapa, se encuentra definido por los tamaños representativos según el huso granulométrico utilizado. Para el caso del Proyecto no se podrá conseguir un espesor de 2.5 cm, debido a que, con los husos granulométricos para la primera capa y segunda capa, se alcanzaría como máximo un espesor exigido de 1.9 cm., aceptándose un espesor mínimo del 90% del espesor determinado.

De los resultados obtenidos, la hipótesis queda demostrada en su totalidad, debido a que fue ejecutado y desarrollado conforme a las especificaciones técnicas del expediente Técnico del Proyecto complementadas con las

Especificaciones Generales para carreteras EG-2013.

Finalmente Para esta verificación de cumplimiento de los niveles de servicio de la calzada se ha realizado las siguientes actividades:

- Evaluación de la rugosidad (IRI).
- Medición de la Microtextura.
- Medición de la Macrotextura.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ❖ Se contrastó el resultado de la investigación con lo que se especifica en el Expediente técnico, observando que se cumplió con los parámetros establecidos.
- ❖ Se recopiló y procesó la información de los materiales que se utilizaron en el tramo de la investigación Ruta AM-100, Bagua – El Parco. Para la Sub base, base, imprimación y tratamiento superficial bicapa.
- ❖ Se utilizó equipos adecuados para la aplicación del material bituminoso y extensión de agregados para el TSB, como barredora mecánica, camión imprimador; para la compactación se empleó rodillos metálicos lisos y neumáticos autopropulsados, que son los que se exige en las especificaciones técnicas para la Ruta AM-100, Bagua – El Parco, ruta en investigación.
- ❖ Se determinó el espesor del tratamiento superficial bicapa, el cual no cumple con 2.5 cm. por los tamaños representativos según el huso granulométrico utilizado. Para el caso del Proyecto no se podrá conseguir un espesor de 2.5 cm, debido a que, con los husos granulométricos para la primera capa y segunda capa, se alcanzaría como máximo un espesor exigido de 1.9 cm.
- ❖ En la verificación de la funcionalidad de la Bicapa; para la rugosidad se obtuvo un IRI característico de 2.25 m/km, cumpliendo con la Especificación técnica IRI (max) = 2.50 m/km.

- ❖ Para la Textura se efectuaron, como mínimo, dos determinaciones de la resistencia al deslizamiento y de la profundidad de textura con el círculo de arena. En relación con la primera, ningún valor individual fue inferior a cuarenta y cinco centésimas (0,45), **cumplió**. Y en cuanto a la segunda, el promedio de las dos lecturas fue, cuando menos, igual a un milímetro y dos décimas (1,2 mm), sin que ninguno de los valores individuales sea inferior a un milímetro (1,0 mm), **cumplió**.
- ❖ Se ha ejecutado la colocación de TSB en la Ruta AM – 100, comprendido entre el km. 0+000 al km. 7+680, dejando la progresiva km. 7+680 al km. 8+620 (El Parco), con la dosificación de agregados y emulsión de acuerdo a las cantidades establecidas según diseño.

5.2. Recomendaciones

- ❖ Se recomienda realizar pruebas in situ para controlar lo que se especifica en el expediente de las vías, los cuales deben controlarse con el Manual de Carreteras EG-2013.
- ❖ Realizar investigación de la funcionalidad de las vías de comunicación en nuestra Región Cajamarca.
- ❖ Se implemente el laboratorio de suelos y pavimentos en la UNC- Sede Jaén.
- ❖ Implementar la bibliografía de evaluación del Tratamiento superficial Bicapa en la UNC – Sede Jáen.

CAPITULO VI

ANEXOS

- **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.**
- **ANEXOS – 02: CARTA DEL GOBIERNO REGIONAL, Notifica opinión respecto al uso de Emulsión Asfáltica en el Tratamiento Superficial Bicapa - RED VIAL II**
- **ANEXO 03: Certificados Ensayos Material a Nivel Base Granular.**
- **ANEXO 04: Ensayos Compactación Base Granular**
- **ANEXO 05: Certificados Control de Imprimación**
- **ANEXO 06: Control en Pista Agregados y Tasa de Aplicación T.S.B – 1RA CAPA.**
- **ANEXO 07: ENSAYOS DE AGREGADOS T.S.B. 1RA Y 2DA CAPA**
- **ANEXO 08: Control en Pista Agregados y Tasa de Aplicación T.S.B – 2DA CAPA.**
- **ANEXO – 09: Controles efectuados a nivel de Bicapa Terminada**
 - **Resistencia al deslizamiento (Método del Ingles)**
 - **Textura Superficial (Circulo de Arena)**
 - **Control de Regularidad Superficial – Rugosidad (IRI)**
- **PANEL FOTOGRÁFICO**

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 15. Vista donde se observa el muestreo en pista del material de mejoramiento para ser ensayadas en laboratorio – Julio 2016.



Figura 16. Vista donde se observa la prueba de compactación método del cono y arena – Julio 2016.



Figura 17. Vista donde se observa la prueba de compactación método del cono y arena- Julio 2016.



Figura 18. Vista donde se observa compactando el material de mejoramiento – Mes de Agosto



Figura 19. Placa de bronce, para calibración de Rugosímetro MERLIN

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- > "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2013)"
- > "Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras".
- > "Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2000)".
- > "Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2013)"
- > Legislación Vigente en relación a los Aspectos Socio Ambientales, políticas y prácticas ambientales del MTC.
- > Resoluciones, directivas y demás normativa emitidas por las entidades del Sub Sector Transportes relacionados con aspectos técnicos de la conservación de infraestructura vial.
- > Decreto Supremo N° 034-2008-MTC y Decreto Supremo N° 011-2009-MTC "Reglamento Nacional de Gestión de la Infraestructura Vial" y modificatorias.
- > Resolución Ministerial N° 404-2011-MTC-02 Demarcación y señalización del derecho de vía de las carreteras del Sistema Nacional de Carreteras — SINAC.
- > "Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial" — 2014 del MTC.

- > Normas relativas a Ensayos de Laboratorio (EM-2000 Manual de ensayos de materiales para carreteras; DG-2013 Manual de diseño geométrico para Carreteras; EG-2013 Especificaciones.