



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Disertación previa a la obtención del título de Ingeniero Civil

RECTIFICACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA VÍA PUNTA DE AHUANO

Autor: Johny Santiago Cevallos Garzón

Director: Ing. Byron Morales MSc.

Quito, Septiembre 2015

Aprobación del Tutor

Yo, Ingeniero Byron Morales MSc., tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para supervisar el avance del Proyecto de estudio Científico con el tema: "RECTIFICACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA VÍA PUNTA DE AHUANO" del estudiante Johny Santiago Cevallos Garzón de la facultad de Ingeniería Civil, considero que dicha tesis de estudio reúne los requisitos para ser sometido a la evaluación del comité examinador designado por la Universidad y certifico que conozco al autor del presente trabajo.

Quito, Septiembre del 2015

EL TUTOR



Ing. Byron Morales MSc..

CI. 1712565900

Declaración

Yo, Johny Santiago Cevallos Garzón declaro que el presente trabajo de investigación y estudio denominado: **“RECTIFICACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA VÍA PUNTA DE AHUANO”**, es de mi autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, habiéndose citado las fuentes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor de las fuentes citadas y bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual de este presente trabajo de titulación a la Universidad Internacional del Ecuador sin restricción de ningún género o especial.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Johny Santiago Cevallos Garzón', enclosed within a large, irregular blue oval scribble.

Alumno: Johny Santiago Cevallos Garzón

CI. 1001789047

Dedicatoria

Dios les pague a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme todo su apoyo de forma incondicional, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño está tesis se las dedico a ustedes:

- Mis padres (Oscar Cevallos y Cecilia Garzón) mis hermanos (Alex, Maria Fernanda, Mayra, David) mi abuelita (Celina Calderón) mi abuelito (Agustín Cevallos) mis cuñaditos (Cesar, Ceci) mis sobrinos (Cristian, Mateo) mis Tíos.
- Cristina, Anahi, Arellys, por haberme permitido formar parte de sus vidas.

Agradecimientos

Mi profundo agradecimiento a:

- A Dios, por haberme dado la existencia, la salud y fortaleza para enfrentar los retos en la carrera universitaria.
- A mis padres Oscar Cevallos y Cecilia Garzón, por su apoyo incondicional.
- A mis compañeros de oficina de la EPMMOP Oscar Rovere, Maria Elena Ulloa, Marco Yange, por haber soportado las escapaditas para cumplir con las actividades de la universidad.
- A mis profesores por transmitir sus conocimientos científicos y culturales.
- A mis compañeros de pupitres en especial a Julio Cando, Luis Terán, Luis Egas, William Hurtado por todos los buenos y malos momentos que pasamos en esta etapa universitaria.
- A mi profesor, director de tesis Ing. Byron Morales por su apoyo incondicional en la elaboración de esta tesis.

Johny Santiago Cevallos Garzón

Índice del contenido

| | |
|--|----|
| CAPITULO I..... | 1 |
| ANTECEDENTES | |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.2 OBJETIVOS GENERALES..... | 2 |
| 1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 2 |
| 1.4 HIPOTESIS..... | 2 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN..... | 3 |
| 1.6 ESTRUCTURA GENERAL DE LA TESIS..... | 4 |
| | |
| CAPITULO II..... | 7 |
| MARCO REFERENCIAL, TEORICO, CONCEPTUAL Y LEGAL | |
| 2.1 MARCO REFERENCIAL..... | 7 |
| 2.1.1 ANTECEDENTES..... | 7 |
| 2.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 8 |
| 2.1.3 CLIMA..... | 10 |
| 2.1.4 UBICACIÓN DE LA VÍA..... | 11 |
| 2.2 MARCO TEORICO..... | 14 |
| 2.2.1 CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO VIAL..... | 14 |
| 2.2.2 MÉTODO AASHTO' 93..... | 15 |
| 2.2.3 TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL..... | 27 |
| 2.2.4 CLASIFICACIÓN DE LA VÍA SEGÚN EL MOP..... | 29 |
| 2.2.5 PARÁMETROS DE DISEÑO..... | 29 |
| 2.2.5.1 Velocidad de Diseño..... | 29 |
| 2.2.5.2 Ancho de Capa de Rodadura..... | 32 |
| 2.2.5.3 Radio Mínimo y Ensanchamiento Mínimo..... | 33 |
| 2.2.5.4 Ensanchamiento..... | 34 |
| 2.2.6 DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA CARRETERA..... | 34 |

| | |
|---|-----|
| 2.2.6.1 Diseño Horizontal..... | 35 |
| 2.2.6.2 Alineamiento Vertical..... | 48 |
| 2.2.7 DRENAJE VIAL..... | 55 |
| 2.2.7.1 Cunetas..... | 57 |
| 2.2.7.2 Formas y Sección..... | 58 |
| 2.2.7.3 Localización, Pendiente y Velocidades..... | 60 |
| 2.2.7.4 Alcantarillas..... | 61 |
| 2.2.8 PAVIMENTO FLEXIBLE..... | 63 |
| 2.2.8.1 Sub-Base..... | 64 |
| 2.2.8.2 Base..... | 66 |
| 2.3 MARCO CONCEPTUAL..... | 67 |
| 2.4 MARCO LEGAL..... | 71 |
| | |
| CAPITULO III..... | 74 |
| PROPUESTA DE DISEÑO | |
| | |
| 3.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO..... | 74 |
| 3.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO..... | 75 |
| 3.3 ESTUDIO DE SUELOS..... | 81 |
| 3.3.1 TRABAJOS DE CAMPO..... | 82 |
| 3.3.2 TRABAJOS DE LABORATORIO..... | 83 |
| 3.3.2.1 Resumen de los Datos Obtenidos en el Laboratorio..... | 86 |
| 3.4 EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOCIAL ECONÓMICO AMBIENTAL..... | 87 |
| 3.5 TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL..... | 88 |
| 3.6 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO..... | 102 |
| 3.6.1 VELOCIDAD DE DISEÑO..... | 102 |
| 3.6.2 ANCHO DE CAPA DE RODADURA..... | 103 |

| | |
|---|-----|
| 3.6.3 RADIO MÍNIMO Y ENSANCHAMIENTO MÍNIMO..... | 104 |
| 3.6.4 PERALTE Y SOBRE ANCHOS..... | 105 |
| 3.6.5 ALINEAMIENTO HORIZONTAL..... | 109 |
| 3.6.6 ALINEAMIENTO VERTICAL..... | 109 |
| 3.7 DISEÑO DE PAVIMENTOS..... | 112 |
| | |
| CAPITULO IV..... | 124 |
| PRESUPUESTO..... | 124 |
| | |
| CAPITULO V..... | 131 |
| | |
| 5.1 CONCLUSIONES..... | 131 |
| 5.2 RECOMENDACIONES..... | 135 |
| 5.3 BIBLIOGRAFÍA..... | 136 |

Índice de figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1: País..... | 21 |
| Figura 2: Provincia..... | 21 |
| Figura 3: Ubicación de la vía..... | 23 |
| Figura 4: Trayecto de la vía..... | 24 |
| Figura 5: Lugares que forman parte de área del proyecto..... | 25 |
| Figura 6: Capas que forman un pavimento flexible..... | 28 |
| Figura 7: Clasificación de los ejes vehiculares..... | 32 |
| Figura 8: Abaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles..... | 37 |
| Figura 9: Componentes del diseño geométrico..... | 47 |
| Figura 10: Elementos de la Curva Simple..... | 56 |
| Figura 11: Cuneta y contra cuneta..... | 70 |
| Figura 12: Clases de Cunetas..... | 71 |
| Figura 13: Detalle de la Cuneta..... | 72 |
| Figura 14: Elementos constitutivos de una alcantarilla..... | 74 |
| Figura 15: Capas que conforman un pavimento flexible..... | 76 |
| Figura 16: Histograma de Precipitaciones anuales y mensuales..... | 88 |
| Figura 17: Precipitaciones máximas en 24 horas..... | 90 |
| Figura 18: Clasificación de los ejes vehiculares..... | 108 |
| Figura 19: Sobreanchos..... | 118 |
| Figura 20: Sección transversal de la Alternativa 1..... | 130 |
| Figura 21: Seccion transversal de la Alternativa 2..... | 135 |

Índice de tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1: Repartición de tránsito..... | 30 |
| Tabla 2: Niveles de confiabilidad..... | 34 |
| Tabla 3: Niveles valores de Z_r en función de la confiabilidad..... | 35 |
| Tabla 4: Espesores mínimos sugeridos para la subbase..... | 38 |
| Tabla 5: Clasificación de Carreteras según el MOP..... | 41 |
| Tabla 6: Velocidades de diseño del MTOP según la clasificación de la vía..... | 44 |
| Tabla 7: Anchos de la capa de rodadura..... | 45 |
| Tabla 8: Radio de diseño del MTOP según la clasificación de la vía..... | 45 |
| Tabla 9: Valores de “X” y “L” (Segúnberger–Protecvía)..... | 48 |
| Tabla 10: Radios mínimos de giro AASHTO..... | 49 |
| Tabla 11: Relación velocidad y radio de la curva horizontal..... | 50 |
| Tabla 12: Radios Mínimos de curvas para valores límites de e y f..... | 51 |
| Tabla 13: Peraltes y sobre anchos calculados por la AASHTO..... | 55 |
| Tabla 14: Curvas verticales convexas y cóncavas mínimas..... | 60 |
| Tabla 15: Pendientes máximas (%) permitidas..... | 62 |
| Tabla 16: Pendientes longitudinales máximas en función de la altura sobre el nivel del mar..... | 63 |
| Tabla 17: Valores mínimos de diseño del coeficiente “k”..... | 66 |
| Tabla 18: Velocidad del agua a partir de la cual se produce erosión en diferentes materiales..... | 73 |
| Tabla 19: Granulometría para las diferentes clases de sub-base..... | 77 |
| Tabla 20: Granulometría para las diferentes clases de base..... | 78 |
| Tabla 21: Histograma Precipitaciones mensuales y anuales disponibles..... | 89 |
| Tabla 22: Precipitaciones máximas en 24h(mm)..... | 91 |
| Tabla 23: Resumen del conteo de tráfico..... | 103 |
| Tabla 24: Resumen del Cálculo del TPDA..... | 104 |
| Tabla 25: Clasificación de Carreteras según el MOP..... | 109 |
| Tabla 26: Repartición de tránsito..... | 110 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 27: Velocidades de diseño del MTOP según la clasificación de la vía en km/h..... | 114 |
| Tabla 28: Anchos de la capa de rodadura..... | 115 |
| Tabla 29: Radio de diseño del MTOP según la clasificación de la vía..... | 116 |
| Tabla 30: Cálculo de peralte y sobre anchos..... | 117 |
| Tabla 31: Características geométricas..... | 119 |
| Tabla 32: Calculo del alineamiento Horizontal..... | 121 |
| Tabla 33: Curvas verticales convexas y cóncavas mínimas..... | 122 |
| Tabla 34: Calculo del alineamiento vertical..... | 123 |
| Tabla 35: Desglose del porcentaje de costos indirectos..... | 137 |

Resumen

El estudio define un proyecto factible desde el punto de vista técnico, económico, financiero y ambiental, con la suficiente capacidad para el tráfico actual y futuro, que proporcione una buena velocidad operativa, economía en el transporte, regularidad en el servicio, seguridad y confort al usuario, dentro de las actividades y costos previstos. La demanda será investigada a través del estudio del tráfico en la zona, (TPDA) el mismo que se realizara mediante conteos volumétricos manuales durante las 24 horas del día, 7 días de la semana para identificar y caracterizar el flujo vehicular y crecimiento además de un estudio Socio-económico que revelara los beneficios del proyecto no sólo para mejorar la comunicación y el transporte sino y sobre todo como factor de enorme influencia en el desarrollo de la productividad y comercio de las tierras que actualmente están casi improductivas o tienen muy bajo rendimiento por no existir el incentivo producido por la vía, lo que de hecho, asegura la rentabilidad del proyecto.

Palabras claves: factible, economía en el transporte, mejorar la comunicación, productividad, rentabilidad.

Abstract

The study defines a feasible project from the technical, economic, financial and environmental, with enough capacity for current and future traffic, providing a good operating speed, economy, transport, regularity of service, safety and comfort the user, within the activities and expected costs. The complaint will be investigated through the study of traffic in the area, (TPDA) the same to be held by hand volumetric counts 24 hours a day, 7 days a week to identify and characterize the traffic flow and growth and a Socio-economic studies that show the benefits of the project not only to improve communication and transport but above all as a factor of great influence on the development of productivity and trade in the countries that are currently almost unproductive or very low production absence of the incentive produced by the way, which in fact ensures the profitability of the project.

Keywords: feasible, transportation economy, improve communication, productivity.

Introducción

El sistema de transporte por carreteras es esencial para el desarrollo económico de un País y en particular de una región o un territorio al constituirse en el medio de movilización de personas, de bienes de consumo, de productos industrializados, de productos para la exportación, etc. Todo esfuerzo que se haga por construir, rehabilitar y mantener las carreteras de cualquier orden del plan vial nacional es de gran trascendencia en la vida y economía de los ecuatorianos.

El proyecto está sustentado en varios estudios que cumplen con la necesidad de indagar la demanda existente y potencial de la vía así como de la geología, la geotecnia, la hidrología de la zona del trazado para determinar su estabilidad y duración mediante el diseño hidráulico de un buen sistema de drenaje y la adopción de adecuados métodos constructivos, cuidando de proteger el ambiente en sus diversas manifestaciones y amainar los impactos negativos y lograr el desarrollo sustentable.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

La integración del país se consigue mediante las vías de comunicación, mientras más amplias y diversas sean estas el país tendrá mayores posibilidades de desarrollo; económico, cultural social y tecnológico.

La construcción de las vías son de gran importancia porque facilitan el traslado de los habitantes de las poblaciones cercanas de esta manera garantizan el desarrollo socioeconómico del sector.

La carretera se define como una curva alabeada en el espacio, con el objetivo de garantizar un recorrido espacial continuo; cumpliéndose en ella todos los principios y normas del arte de proyectar.

Las carreteras deben cumplir consideraciones de tipo económico, características del terreno y objetivos del proyecto, en cuanto a su trazado que este sea directo entre los puntos extremos a enlazar, cumpliendo en él todos los principios y normas de ingeniería que permitan obtener una obra vial resistente, segura, duradera, funcional, económica y de apariencia agradable ante los ojos del conductor.

1.1.- Planteamiento del Problema

La vía Misahualli Punta de Ahuano – Ahuano es un eje muy apreciado, que une centros de producción comercial la misma que necesita mejoramiento y rehabilitación.

La geometría de la vía es bastante estrecha y poco ondulada tanto en sentido horizontal como vertical, por lo que los vehículos que actualmente

transitan en su mayoría son camionetas y camiones

La vía cuenta con 3 obras de arte menor, una de hormigón, una de ármico y una ésta en construcción, por lo que, durante la estación lluviosa bajan impetuosos torrentes de agua.

Se trata de modificar la geometría y dimensiones originales de la vía con el fin de mejorar su nivel de servicio y adecuarla a las condiciones requeridas por el tránsito actual y futuro, comprende trabajos de pavimentación.

1.2.- Objetivos Generales

Mejorar la calidad y características geométricas del corredor que comprende el tramo 0+000 a 1+629, por medio de la ampliación, rectificación y mejoramiento de la vía.

1.3.- Objetivos Específicos

- En base al levantamiento topográfico de la vía existente, rediseñar el proyecto horizontal y vertical.
- Determinar los parámetros e índices mecánicos de la sub-rasante.
- Diseñar los espesores que conforma la estructura del pavimento.
- Analizar los drenajes longitudinales y proponer soluciones a las condiciones actuales de las alcantarillas.
- Elaborar el presupuesto de optimización y producción de la intervención de la vía en obra.

1.4.- Hipótesis

El proyecto está sustentado en varios estudios que cumplen con la necesidad de indagar la demanda existente y potencial de la vía así como de

la geología, la geotecnia, la hidrología de la zona del trazado para determinar su estabilidad y duración mediante el diseño hidráulico de un buen sistema de drenaje y la adopción de adecuados métodos constructivos, cuidando de proteger el ambiente en sus diversas manifestaciones y amainar los impactos negativos y lograr el desarrollo sustentable.

1.5.- Justificación

Con el diseño del pavimento de la vía permitirá el mejoramiento y significara un gran paso hacia el desarrollo económico de la región que beneficiara a todos los usuarios y comunidad. No obstante encontraran una carretera segura y cómoda que disminuirán los tiempos de recorrido

Como en todo proyecto de ingeniería, que es la ciencia del desarrollo y confort de la humanidad, se determina el costo del proyecto, la programación de su ejecución, el plan de manejo ambiental y las acciones necesarias para su mantenimiento.

Mediante un estudio Socio-económico que revela los beneficios del proyecto no sólo para mejorar la comunicación y el transporte y sobre todo como factor de enorme influencia en el desarrollo de la productividad y comercio de las tierras que actualmente están casi improductivas o tienen muy bajo rendimiento por no existir el incentivo producido por la vía, lo que de hecho, asegura la rentabilidad del proyecto.

No obstante el mejoramiento de la vía será beneficioso tanto para el sector del comercio y turístico como de los mismos habitantes, motivo por el cual se hizo necesario proponer solución para que el tránsito sea seguro y evitar cierres en la vía. Esto constituye a brindar seguridad en el tránsito.

1.6.- Estructura general de la tesis

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2 OBJETIVOS GENERALES

1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.4 HIPOTESIS

1.5 JUSTIFICACIÓN

1.6 ESTRUCTURA GENERAL DE LA TESIS

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL, TEORICO, CONCEPTUAL Y LEGAL

2.1 MARCO REFERENCIAL

2.1.1 ANTECEDENTES

2.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.3 CLIMA

2.1.4 UBICACIÓN DE LA VÍA

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO VIAL

2.2.2 MÉTODO AASHTO' 93

2.2.3 TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL

2.2.4 CLASIFICACIÓN DE LA VÍA SEGÚN EL MOP

2.2.5 PARÁMETROS DE DISEÑO

2.2.5.1 VELOCIDAD DE DISEÑO

2.2.5.2 ANCHO DE CAPA DE RODADURA

- 2.2.5.3 RADIO MÍNIMO Y ENSANCHAMIENTO MÍNIMO
- 2.2.5.4 ENSANCHAMIENTO
- 2.2.6 DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA CARRETERA
 - 2.2.6.1 DISEÑO HORIZONTAL
 - 2.2.6.2 ALINEAMIENTO VERTICAL
- 2.2.7 DRENAJE VIAL
 - 2.2.7.1 CUNETAS
 - 2.2.7.2 FORMAS Y SECCIÓN
 - 2.2.7.3 LOCALIZACIÓN, PENDIENTE Y VELOCIDADES
 - 2.2.7.4 ALCANTARILLAS
- 2.2.8 PAVIMENTO FLEXIBLE
 - 2.2.8.1 SUB-BASE
 - 2.2.8.2 BASE
- 2.3 MARCO CONCEPTUAL
- 2.4 MARCO LEGAL

CAPITULO III

PROPUESTA DE DISEÑO

- 3.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO
- 3.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO
- 3.3 ESTUDIO DE SUELOS
 - 3.3.1 TRABAJOS DE CAMPO
 - 3.3.2 TRABAJOS DE LABORATORIO
 - 3.3.2.1 RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO
- 3.4 EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOCIAL ECONÓMICO AMBIENTAL
- 3.5 TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL

3.6 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

3.6.1 VELOCIDAD DE DISEÑO

3.6.2 ANCHO DE CAPA DE RODADURA

3.6.3 RADIO MÍNIMO Y ENSANCHAMIENTO MÍNIMO

3.6.4 PERALTE Y SOBRE ANCHOS

3.6.5 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

3.6.6 ALINEAMIENTO VERTICAL

3.7 DISEÑO DE PAVIMENTOS

CAPITULO IV

PRESUPUESTO

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES

5.2 RECOMENDACIONES

5.3 BIBLIOGRAFÍA

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL, TEORICO, CONCEPTUAL Y LEGAL

2.1 MARCO REFERENCIAL

2.1.1 Antecedentes

Dentro del extenso programa vial, se ha considerado la realización de Los Estudios del Asfaltado de la Vía Punta de Ahuano, con la finalidad de proporcionar una mejor infraestructura para el transporte de este importante sector productivo y turístico de la Provincia de Napo y propender así al desarrollo regional.

El inicio del proyecto está ubicado en el margen izquierda del río Napo (Punta Ahuano) y llega hasta el Ahuano.

Estructuralmente la vía se encuentra a nivel de sub rasante mejorada con material granular.

La geometría de la vía es bastante estrecha y poco ondulada tanto en sentido horizontal como vertical, por lo que los vehículos que actualmente transitan en su mayoría son camionetas y camiones

La vía cuenta con 3 desagües, una de hormigón, una de ármico y una ésta en construcción, por lo que, durante la estación lluviosa bajan impetuosos torrentes de agua.

La actual vía constituye el único medio carrozable de comunicación y transporte entre Tena y la población de Ahuano.

La vía, conforme a los criterios y nomenclatura del MOP es actualmente un camino tipo V por las condiciones que presenta.

La mencionada vía forma parte de la red vial que une la ciudad de Tena con las distintas cabeceras cantonales y parroquiales de la provincia de Napo, la misma que facilitará la comercialización de productos incentivando la producción y el turismo.

2.1.2 Descripción del área de estudio

El área de estudio para esta vía se encuentra ubicada en la Parroquia de Ahuano, Cantón Tena, Provincia de Napo, entre las principales elevaciones de esta provincia se encuentran el volcán Antisana, Cerro Quilindaña, Cerro Negro, Cerro Pan de Azúcar, volcán Sumaco (en los límites provinciales con Orellana). La cordillera de los Guacamayos también destaca en la provincia, que incluye parte de los Parques Nacionales de Sumaco Galeras, Cayambe Coca, Llanganates y otros.

Hidrográficamente se destacan los siguientes ríos a nivel provincial: Quijos, Napo, Tena, Chalupas, Mulatos, Cosanga, Puni, Payamino, Oyacachi, Hollín Grande y Jatunyacu, siendo el de mayor importancia para la parroquia de Ahuano, el Río Napo, en cuyas riberas se encuentra asentada.

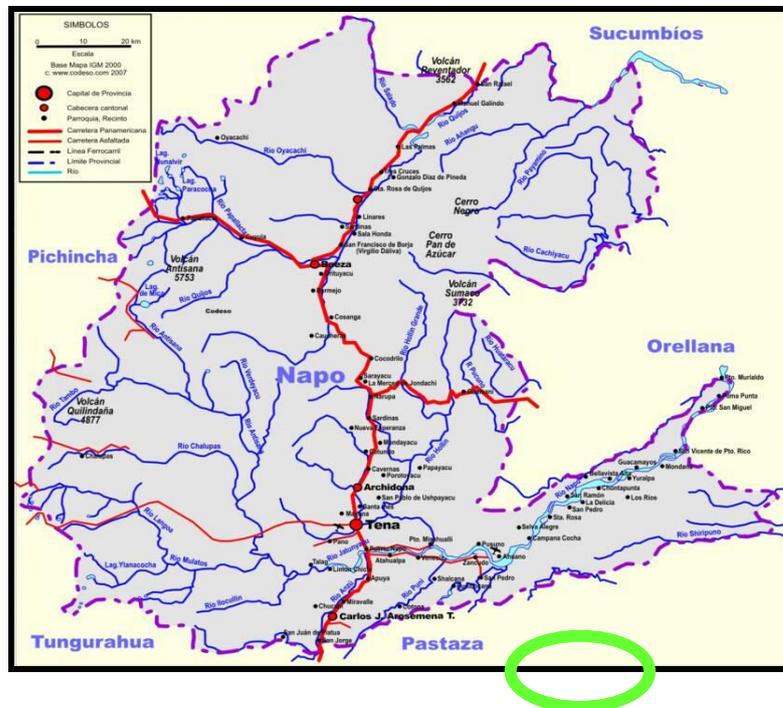
La temperatura promedio de la zona es de 25 grados centígrados y las lluvias son persistentes entre los meses de mayo a septiembre, lo cual origina mucha evaporación, tornando al clima tropical bastante húmedo.

Figura 2: País



Fuente: Tomado de la carta topográfica Misahuallí

Figura 2: Provincia



Fuente: Tomado de la carta topográfica Misahuallí

Este proyecto se ubica en la Punta de Ahuano margen izquierda del río Napo donde presta los servicios la gabarra de la Corporación Provincial y culmina en el centro de la parroquia Ahuano sector turístico reconocido a nivel nacional e internacional.

La comunidad de Ahuano está conformada por colonos provenientes de otras regiones del país y nativos. Esta comunidad se desarrolla gracias al desarrollo agrícola forjado por sus habitantes, además de la explotación turística, debido a las condiciones que presenta el sitio.

2.1.3 Clima

El tipo climático característico de esta zona y de la comunidad en sí es Tropical húmedo y una zona ecológica tipo “bosque húmedo Tropical “, con presencia de abundantes lluvias. La vegetación existente es abundante; sin embargo el área ha sido deforestada.

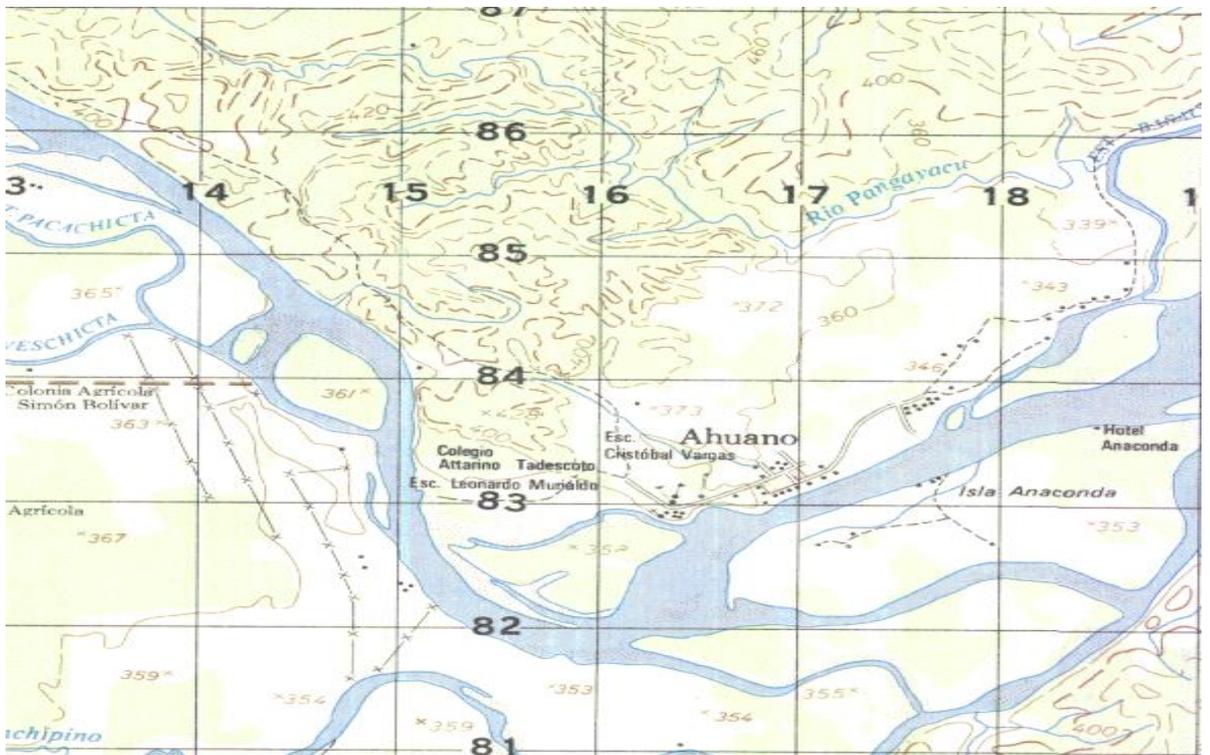
| | |
|--------------------------------|--------------|
| Altura promedio: | 360 m.s.n.m. |
| Humedad relativa promedio: | 89% |
| Temperatura media anual: | 23 °C |
| Precipitación media anual: | 5062 mm |
| Evaporación: | 2098 mm |
| Velocidad promedio del viento: | 1.3 Km/hora |

2.1.4 Ubicación de la vía

El proyecto se halla entre las coordenadas UTM.:

| | | |
|--------|-------------|-----------|
| INICIO | 9'883.065 N | 214.428 E |
| FIN | 9'882.813 N | 216.562 E |

Figura 3: Ubicación de la vía



Fuente: Tomado de la carta topográfica Misahuallí

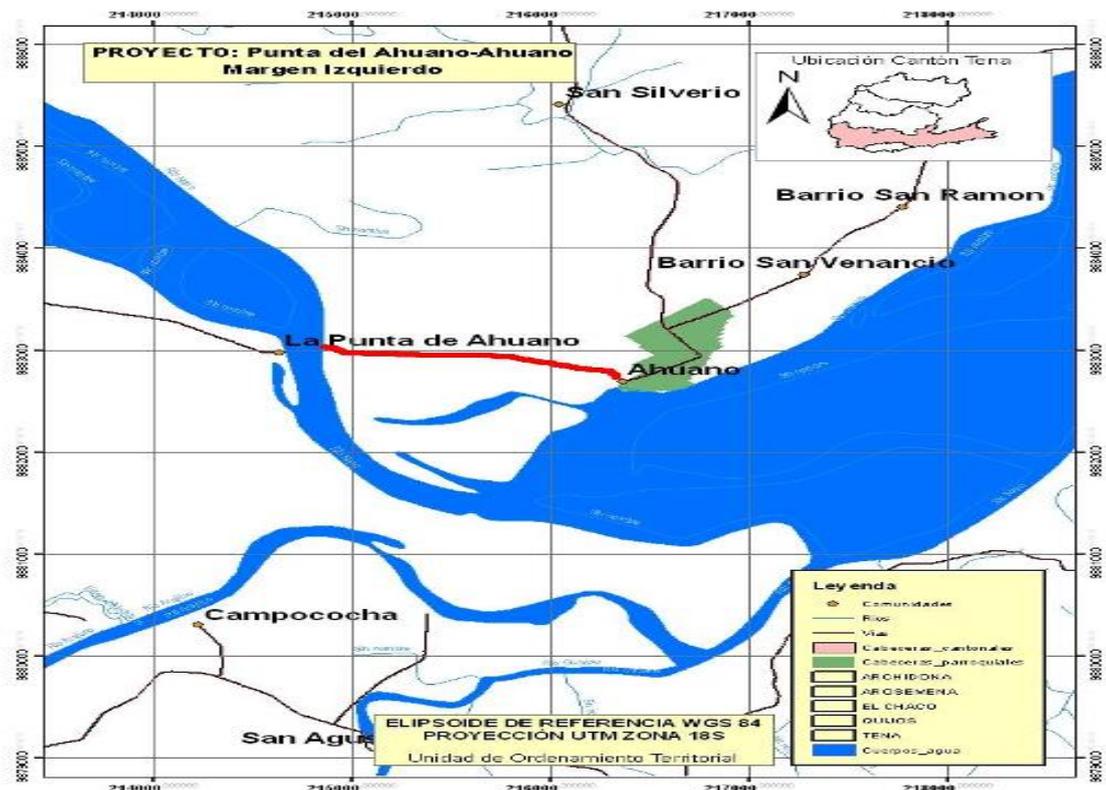
Se ubica en la Punta de Ahuano margen izquierda del río Napo donde presta los servicios la gabarra de la Corporación Provincial y culmina en el centro de la parroquia Ahuano sector turístico reconocido a nivel nacional e

internacional, constituye una parroquia rural del cantón Tena, Ahuano es la cabecera parroquial de la parroquia del mismo nombre.

La vía Punta de Ahuano (margen izquierda) – Ahuano, con un ancho que varía entre 5.3 m. y 5.90 m., tiene una Longitud aproximada de 1.70 Km., su capa de rodadura es a nivel de lastrado.

A continuación se puede ver el trayecto de la vía.

Figura 4: Trayecto de la vía



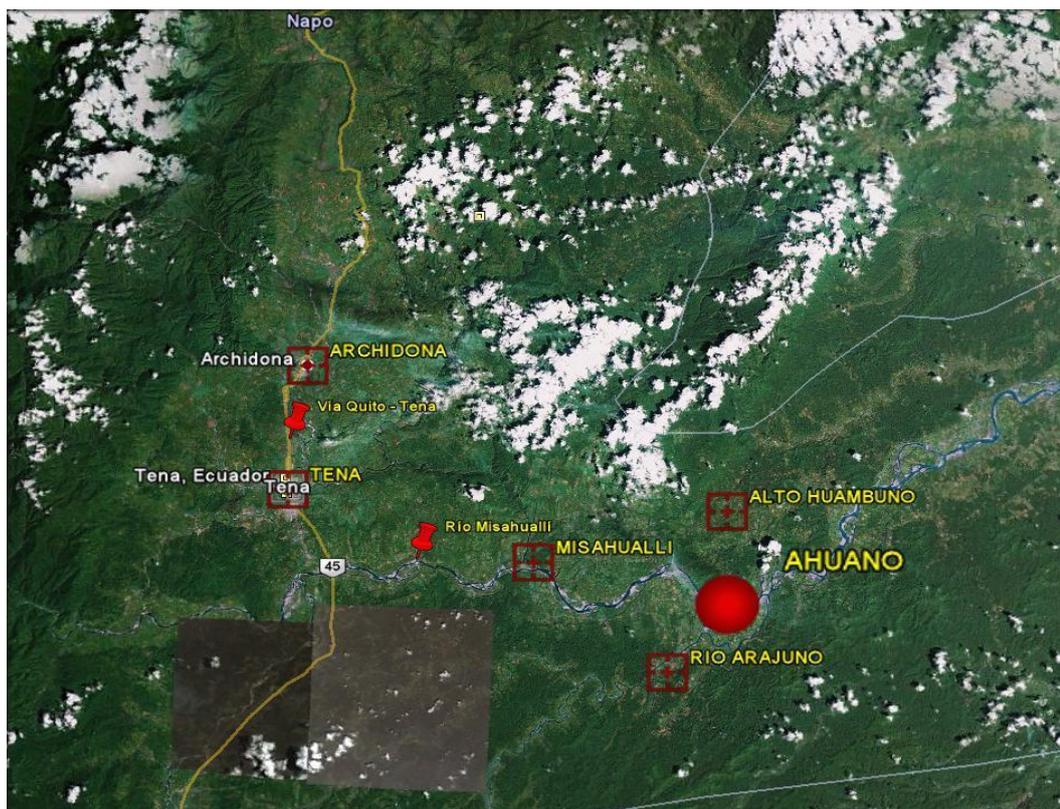
Fuente: Propia Santiago Cevallos

La comunidad de Ahuano, está ubicada a 221 Km. de la ciudad de Quito, capital del Ecuador, hacia el Oeste en la Región Amazónica. A 35 Km. al

Sur-Este de la ciudad de Tena, capital del cantón Tena y de la provincia de Napo, su centroide tiene las coordenadas 01°03'20" de latitud Sur, y 77°32'38" de longitud Oeste respecto al meridiano Greenwich, se asienta en la margen norte del río Napo.

Se comunica con el resto del país a través de la Vía al Tena en la provincia del Napo, vía de primer orden afirmada. La ruta más directa constituye el ingreso por Tena desde donde se toma hacia el Sur de la ciudad hasta cruzar el río Napo, desde donde se sigue por la vía asfaltada hasta el desvío que conduce a la gabarra en la orilla sur del río Napo frente a la comunidad de Ahuano.

Figura 5: Lugares que forman parte de área del proyecto



Fuente: Propia Santiago Cevallos

El área urbana consolidada abarca unas 30.5 Ha, asentada en una planicie y en una zona colinar con elevaciones, con una altura promedio de 360 m.s.n.m., desarrollándose a la margen norte del río Napo.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Criterios generales para el diseño vial

De acuerdo a las normas de diseño geométrico de carreteras editado por el Ministerio de Obras Públicas del Ecuador se deben considerar los siguientes criterios:

- ✓ En general el proyectista debe combinar curvas amplias con tangentes largas en la medida que permite el terreno. Debe evitarse un alineamiento horizontal zigzagueante con curvas cortas, aunque será necesario proyectar un alineamiento curvilíneo balanceado para caminos de baja categoría en terreno muy accidentado.
- ✓ Siempre debe tomarse en cuenta en el trazado los aspectos de seguridad y estética de la carretera.
- ✓ El diseñador debe trazar generalmente curvas de grandes radios, evitando los mínimos especificados para las velocidades de diseño y reservándolos para los casos de condiciones críticas. El alineamiento debe ser direccional en lo posible, de acuerdo con la topografía existente.
- ✓ Siempre debe buscarse consistencia en el alineamiento, no deben colocarse curvas agudas en los extremos de tangentes largas y

deben evitarse cambios súbitos de curvaturas amplias a curvaturas cerradas.

- ✓ Para pequeños ángulos de deflexión, las curvas deben ser suficientemente largas para no dar la apariencia de un cambio de dirección forzado.
- ✓ Deben evitarse curvas de radios pequeños sobre rellenos de altura y longitud grandes.
- ✓ Hay que tener precaución en el empleo de curvas circulares compuestas para que la medida del radio mayor no exceda de una y media del radio menor.

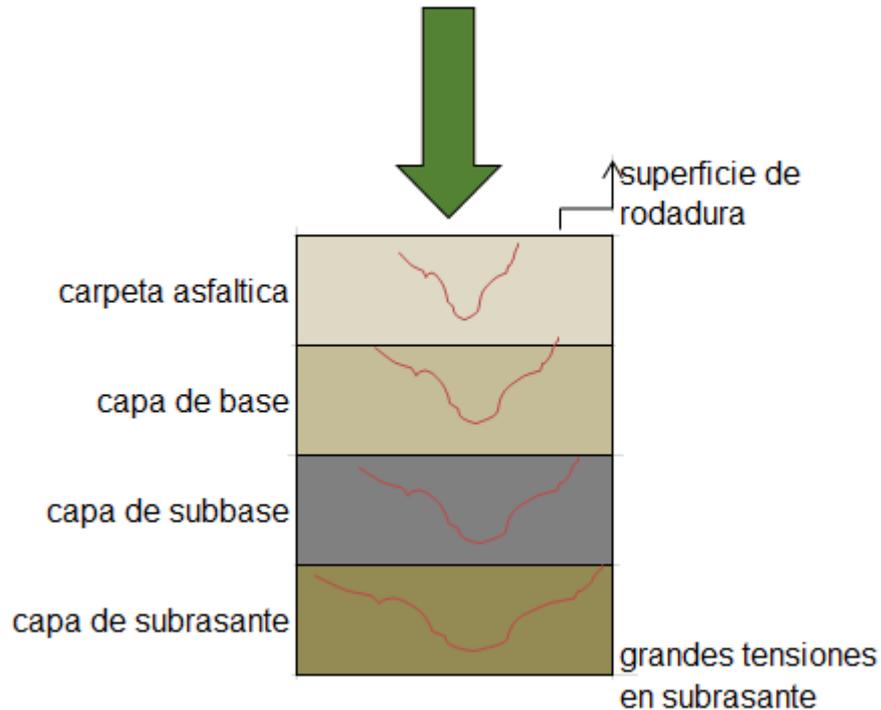
2.2.2 Método AASHTO' 93

El método de diseño de pavimentos de la American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) de 1993 se basa en el AASHO Road Test (1958-1961) y cuatro décadas de investigación y calibración.

Los pavimentos flexibles son aquellos cuya estructura total se defleca o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico.

Las capas de un pavimento flexible que conforman un suelo se colocan en orden descendente en capacidad de carga. La capa superior es la que mayor capacidad de soportar cargas tiene de todas las que se disponen. Por lo tanto la capa que menos carga puede soportar es la que se encuentra en la base.

Figura 6: Capas que forman un pavimento flexible



Fuente: Propia Santiago Cevallos

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante. Se considera como la cimentación del pavimento y una de sus funciones principales es la de soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, así como evitar que el terraplén contamine al pavimento y que sea absorbido por las terracerías.

Su finalidad es resistir las cargas que el tránsito transmite al pavimento, transmitir y distribuir las cargas al cuerpo del terraplén, evitar que los materiales finos plásticos del cuerpo del terraplén contaminen el pavimento y economizar los espesores de pavimento.

La sub-rasante es la capa que soporta la estructura del pavimento, su finalidad es resistir las cargas que el tránsito transmite al pavimento, transmitir y distribuir las cargas al cuerpo del terraplén, evitar que los materiales finos plásticos del cuerpo del terraplén contaminen el pavimento y economizar los espesores de pavimento.

Aunque las bases y las sub - bases tienen características semejantes, las sub - bases son de menor calidad. La sub - base es la capa de material que se construye directamente sobre la terracería y su función es proteger a la base impidiendo que el agua suba por capilaridad.

La característica especial que define la propiedad de los materiales que componen la sub-rasante, se conoce como Módulo de Resiliencia (Mr). el módulo resiliente de la sub-rasante se calcula realizando una correlación con el CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California), por lo que la ecuación utilizada es la siguiente:

$$\mathbf{Mr = 1500 \times CBR <7\%}$$

La AASHTO contempla el método actual para los ejes equivalentes sencillos de 18,000 lb (8.2 ton) acumulados durante el período de diseño, los cuales se les denomina “equivalent simple axial load” (ESAL).

La fórmula de diseño para pavimentos flexibles, según el método AASHTO 93 es:

$$Esals = 365 * TPDA_0 * LEF * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{Ln(1+i)} \right] * \frac{A}{100} * \frac{B}{100}$$

Donde:

Esals = número de ejes equivalentes

TPDA(10-20) = Tráfico Promedio Diario Anual proyectado a 10 y 20 años

n = periodo de diseño (años)

i = Tasa de crecimiento vehicular

A = Porcentaje estimado de vehículos pesados (buses y camiones)

B = Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño, (tabla de repartición de tránsito).

Tabla 1: Repartición de tránsito

| NUMERO DE CARRILES | PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS EN EL CARRIL DE DISEÑO |
|--------------------|--|
| 2 | 50 |
| 4 | 45 |
| 6 o mas | 40 |

Fuente: Guía para pavimentos Método AASHTO

a.- Factor equivalente de carga (LEF, por sus siglas en ingles)

La conversión se hace a través de los factores equivalentes de carga (Fec), que es el número de aplicaciones ESALs aportadas por un eje determinado. Así, el Fce es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un eje estándar de 8,2 toneladas y la carga producida por otro tipo de eje.

En el pavimento circulan diferentes tipos de vehículos que transmiten diversos tipos de carga, por lo que para su diseño, es necesario transformarlos a un solo tipo denominado estándar.

Los factores de equivalencia de carga dependen de varios factores siendo los más importantes el tipo de eje, su peso total y el número estructural, pudiéndose utilizar para su determinación la siguiente expresión.

$$LEF = (P / A)^{4,3}$$

En donde:

LEF es el factor equivalente de carga

P es la carga por eje de cada vehículo analizado en toneladas

A es la carga por eje de los ejes estándares

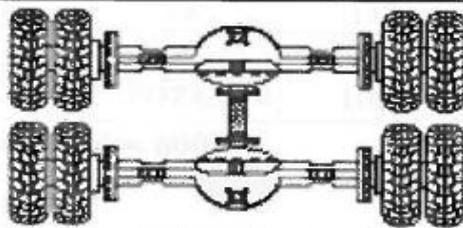
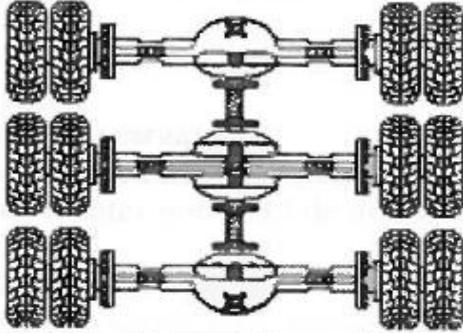
Los valores de A se ha establecido que pueden valer:

Si A = 8,16T, entonces es un eje simple

Si A = 15,2T, entonces es un eje tándem (eje doble eje con llantas dual)

Si A = 22,0T, entonces es un eje tridem (eje triple con llantas dual)

Figura 7: Clasificación de los ejes vehiculares

| | |
|---|---|
| <p><i>Eje sencillo con llantas simples</i> 5.50T</p> |  |
| <p><i>Eje sencillo con llantas dobles</i> 8.16T</p> |  |
| <p><i>Eje tandem (doble) con llantas dual</i> 15.20T</p> |  |
| <p><i>Eje tridem (triple) con llantas dual</i> 22.00T</p> |  |

Fuente: Manual de Pavimentos de Milton Silva

b.- El factor de crecimiento GF o de acumulación de tráfico está en función del periodo de diseño de diseño (n) en años y tasa de crecimiento (i) y se obtiene con la siguiente formula.

$$GF = ((1 + i)^n - 1) / i$$

c.- Índice de serviciabilidad

El pavimento es calificado entre 0 (para pavimentos en pésimas condiciones) y 5 (para pavimentos en perfecto estado). La serviciabilidad inicial (Po) es función directa del diseño del pavimento y de la calidad que se construye la

carretera, la serviciabilidad final ó terminal (P_t) va en función de la categoría de la carretera y se basa en el índice más bajo que pueda ser tolerado antes de que sea necesario efectuar una rehabilitación o una reconstrucción, los valores que recomienda la Guía AASHTO son:

- Serviciabilidad inicial:

$P_o = 4,2$ para pavimentos flexibles

- Serviciabilidad final:

$P_t = 2,5$ o más para caminos principales

$P_t = 2,0$ para caminos de tránsito menor

Para el diseño de pavimento flexible se adopta un valor de serviciabilidad final $P_t = 2,5$.

d.- Valor Soporte de la Sub-rasante (CBR)

El método AASHTO no utiliza este ensayo como un método de medida de la resistencia de la sub-rasante, sino más bien una escala de capacidad de soporte de los suelos, que se ha desarrollado en base a los resultados de

e.- Confiabilidad (R)

La confiabilidad en el diseño (R) puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igual o mejor que el previsto durante la vida de diseño adoptada.

La Guía AASHTO, sugiere los niveles de confiabilidad R, de acuerdo al tipo de Carreteras

Tabla 2: Niveles de confiabilidad

| Clasificación funcional | Nivel de confiabilidad R, recomendado | |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| | Urbana | Rural |
| Interestatales y vías rápidas | 85 - 99,9 | 80 - 99,9 |
| Arterias principales | 80 - 99 | 75 - 95 |
| Colectoras | 80 - 95 | 75 - 95 |
| Locales | 50 - 80 | 50 - 80 |

Fuente: Guía para pavimentos Método AASHTO

f.- Desviación normal estándar (Z_r)

Este parámetro está ligado directamente con la Confiabilidad (R), para realizar este paso se deberá seleccionar un valor (Z_r) Desviación Estándar, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

g.- Error estándar combinado S_o

Los valores comprendidos de (S_o) está dentro de los siguientes intervalos:

- Para pavimentos flexibles 0,40 – 0,50
- En construcción nueva 0,35 – 0,40
- En sobre- capas 0,50

El Cuadro muestra los valores de Z_r en función de la confiabilidad, se adopta una confiabilidad de 90% correspondiente a $Z_r = -1,28$

Tabla 3: Niveles valores de Z_r en función de la confiabilidad

| <i>CONFIABILIDAD R(%)</i> | <i>DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR Z_r</i> |
|---------------------------|--|
| 50 | 0 |
| 60 | -0,253 |
| 70 | -0,527 |
| 75 | -0,674 |
| 80 | -0,841 |
| 85 | -1,037 |
| 90 | -1,282 |
| 91 | -1,34 |
| 92 | -1,405 |
| 93 | -1,476 |
| 94 | -1,555 |
| 95 | -1,645 |
| 96 | -1,751 |
| 97 | -1,881 |
| 98 | -2,054 |
| 99 | -2,327 |
| 99,9 | -3,09 |
| 99,99 | -3,75 |

Fuente: Guía para pavimentos Método AASHTO

h.- Variables en función del tiempo

Existen dos variables que deben tomarse en cuenta:

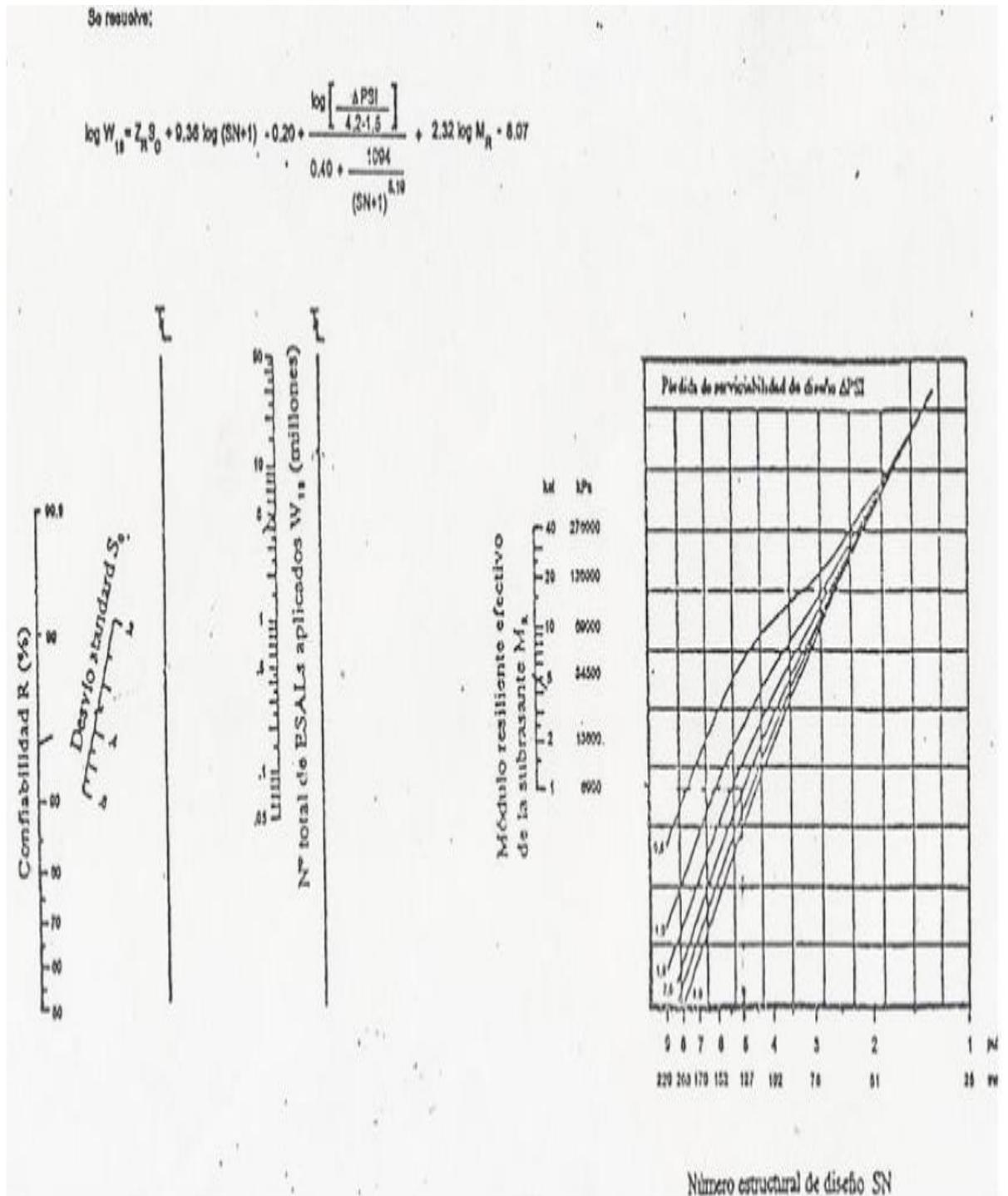
- El período de diseño:

Es el número de años para el cual se diseña un pavimento tomando en cuenta la proyección futura del tráfico.

- La vida útil del pavimento:

- La vida útil de los pavimentos se define como el tiempo durante el cual la vía brinda servicialidad a los usuarios y no se ve afectada por un marcado deterioro de la misma.
- Es importante tener presente que su estructura sufrirá –con el tiempo– daño y deterioro aun cuando sea adecuadamente diseñado y construido de acuerdo con todas las especificaciones y normas de calidad. Mientras las demás obras de ingeniería tienen una vida indefinida, los pavimentos viales tienen una vida definida; aún con un mantenimiento óptimo alcanzarán un punto de falla. Los pavimentos son probablemente la única estructura de ingeniería que se diseña para que falle dentro de un periodo específico de tiempo.
- i.- Cálculo del número estructural (SN)
- Una vez que se ha obtenido el Número Estructural SN para la sección estructural del pavimento, utilizando el gráfico o la ecuación general básica de diseño donde se involucraron los parámetros: valor soporte del suelo (CBR), carga total equivalente a ejes simples e índice de servicio (Po y Pt).
- A continuación se presenta el ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles, para determinar el número estructural (SN).
- Las variables a intervenir son:
- Cantidad de ejes equivalentes (ESAL's), la confiabilidad (R), error estándar (So), módulo de resiliencia de la sub-rasante (Mr) y la pérdida de serviciabilidad (ΔPS).

Figura 8: Abaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles



Fuente: Guía para diseño de pavimentos, Método AASHTO 93.

Para determinar una sección multicapa que en conjunto provea de suficiente capacidad de soporte equivalente al número estructural de diseño original, se utiliza la siguiente ecuación que puede utilizarse para obtener los espesores de cada capa, para la superficie de rodamiento o carpeta, base y subbase, haciéndose notar que el actual método de AASHTO, versión 1993, ya involucra coeficientes de drenaje particulares para la base y subbase.

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times d_2 + a_3 \times m_3 \times D_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = Coeficientes de capa representativos de carpeta, base y Subbase respectivamente

m_2 y m_3 = Coeficientes de drenaje para base y subbase, respectivamente.

D_1, D_2, D_3 = Espesor de la carpeta, base y subbase, en pulgadas.

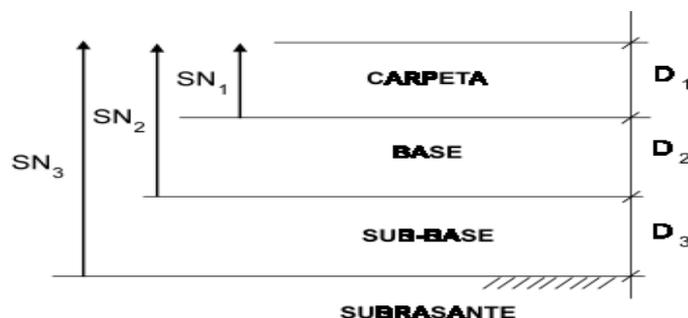


Tabla 4: Espesores mínimos sugeridos para la subbase

| <i>NUMERO DE ESALs</i> | <i>CAPAS ASFALTICAS</i> | <i>BASE GRANULAR</i> |
|------------------------|-------------------------|----------------------|
| menos DE 50 000 | 3 cm | 10 cm |
| 50 000 - 150 000 | 5 cm | 10 cm |
| 150 000 - 500 000 | 6,5 cm | 10 cm |
| 500 000 - 2 000 000 | 7,5 cm | 15 cm |
| 2 000 000 - 7 000 000 | 9 cm | 15 cm |
| más de 7 000 000 | 10 cm | 15 cm |

Fuente: Guía para diseño de pavimentos, Método AASHTO 93.

2.2.3 Trafico promedio diario anual

El tráfico actual es de mucha importancia para el mejoramiento de una carretera; pero en proyectos de caminos nuevos no solo es importante el tráfico actual, sino también el que se utilizara en el futuro, ósea a lo largo de la vida útil de la carretera.

El tráfico futuro es el tráfico pronosticado al final del periodo de diseño de la vía, se lo determina a través de la ecuación:

$$Tf = TPDA(1 + i)^n$$

Donde:

Tf: Tráfico futuro

Ti= TPDA: Es el tráfico actual promedio contabilizado y procesado

i: Tasa de crecimiento del tráfico

n: Periodo de proyección en años

El crecimiento normal del tráfico es la tasa de incremento normal de los vehículos y de los usuarios en las ciudades y poblaciones menores, es decir a mayor población, mayor cantidad de vehículos.

El Tráfico actual o TPDA se lo encuentra mediante:

$$TPDA = \frac{\text{Total de vehículos}}{\text{tiempo}}$$

El TPDA se usa en varios análisis de tránsito y de transporte para:

- ✓ La estimación del ingreso, debido a los usuarios de las carreteras de peaje.
- ✓ El cálculo de las tasas de accidentes en términos de accidentes por Km vehículo.
- ✓ Establecimiento de las tendencias de volumen de tránsito.
- ✓ Evaluación de factibilidad económica de los proyectos de carreteras.
- ✓ Desarrollo de autopistas y de sistemas de calles arteriales principales.
- ✓ Desarrollo de los programas de mejoras y mantenimiento.

En nuestro país la unidad de medida en el tráfico de una carretera es el volumen del tráfico promedio diario anual cuya abreviación es el TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual).

CONTEO DE TRÁFICO

El conteo de tráfico se realiza a través de un procedimiento manual para el cual se selecciona una estación de conteo que permita conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales, las actividades de campo vienen dadas por la recopilación de los volúmenes actuales de tránsito, en base a conteos volumétricos clasificados de periodos cortos de duración (24 horas del día, 7 días) de los vehículos que circulan por la avenida en estudio. La segunda actividad se refiere al análisis y procesamiento de la información de campo antes recopilada y a la utilización de información adicional como son las tasas de crecimiento, conteos volumétricos existentes, clasificación por tipo de vehículo, etc.

Es importante disponer del registro de datos de un período de varios años que proporcione una base confiable para pronosticar el crecimiento del tráfico que se puede esperar en el futuro.

El TPDA se puede ajustar en base a factores mensuales obtenidos de datos de las estaciones permanentes, cuando éstas están disponibles, o del consumo de gasolina u otro patrón de variación estacional.

Para el valor de la tasa de crecimiento, el MOP ha realizado estudios a partir del año 1963, en los que ha determinado que para todo el Ecuador dicha tasa varía entre el 4% y 7%.

2.2.4 Clasificación de la vía según el MOP

El MOP ha clasificado tradicionalmente las carreteras de acuerdo a un cierto grado de importancia basado más en el volumen del tráfico y el número de calzadas requerido que en su función jerárquica.

Tabla 5: Clasificación de Carreteras según el MOP

| FUNCIÓN | CATEGORÍA DE LA VÍA | | TPDA Esperado |
|-------------------|---------------------|------------|---------------|
| Corredor Arterial | R - I o R - II | (Tipo) | >8000 |
| | I | todos | 3000 - 8000 |
| | II | todos | 1000 - 3000 |
| Colectora | III | todos | 300 - 1000 |
| | IV | 5,5E,6 y 7 | 100 - 300 |
| Vecinal | V | 4 y 4E | <100 |

Fuente: Guía para diseño de pavimentos, Método AASHTO 93.

Nota: De acuerdo al nivel de servicio aceptable al final de la vida útil

2.2.5 Parámetros de diseño

2.2.5.1 Velocidad de diseño

La velocidad es sin lugar a duda uno de los elementos más importantes y necesarios en el diseño geométrico de una carretera; en razón de que

nuestro estudio se refiere exclusivamente a los automotores, se la mide en Km/h o M/h y está dada en función del tipo de carretera.

Los estudios de velocidad en un camino ya existente, se realizan para estimar la distribución de la velocidad de vehículos en el flujo vehicular y en un lugar específico de la carretera. Las características de la velocidad que se determinen en el sitio pueden usarse para:

1. Establecer parámetros para la operación y el control del tránsito, tales como zonas de velocidad o las restricciones de paso.
2. Evaluar la efectividad de los dispositivos de control de tránsito, tales como los señalamientos de mensajes variables en las zonas de trabajo.
3. Verificar el efecto de los programas en vigor que monitorean la velocidad, tales como el uso de radar sonoro y de límites diferenciados de velocidad para automóviles y camiones.
4. Evaluar el efecto de la velocidad en las seguridades de la carretera mediante el análisis de los autos de accidentes para diferentes características de velocidad.
5. Determinar las tendencias de velocidad.
6. Determinar si son válidas las quejas de incidentes de exceso de velocidad.

Para el diseño de una carretera nueva, la velocidad es de vital importancia por ser un parámetro de diseño geométrico de la misma, el MTOP recomienda la utilización de parámetros como la velocidad de diseño y la velocidad de circulación en el diseño del alineamiento horizontal y vertical del proyecto de carretera.

La AASHTO define a la velocidad de diseño como “una velocidad seleccionada para determinar las diferentes características de la vía en estudio”. Se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos.

Para el diseño de una vía, la topografía generalmente se clasifica en tres grupos: terreno llano, terreno ondulado y terreno montañoso.

Con esta velocidad se calculan los elementos geométricos de la vía para su alineamiento horizontal y vertical.

Es importante que la velocidad de diseño que se seleccione no sea muy diferente a la velocidad a la cual se espera que manejen los conductores. Por ejemplo, no debe seleccionarse una velocidad de diseño baja para caminos colectores rurales porque cuando un camino de este tipo se ubica en un área topográfica plana, los conductores tenderán a manejar a alta velocidad.

Seleccionar convenientemente la velocidad de diseño es lo fundamental. Teniendo presente que es deseable mantener una velocidad constante para el diseño de cada tramo de carretera. Los cambios en la topografía pueden obligar hacer cambios en la velocidad de diseño en determinados tramos. Cuando esto sucede, la introducción de una velocidad de diseño mayor o menor no se debe efectuar repentinamente, sino sobre una distancia suficiente para permitir al conductor cambiar su velocidad gradualmente, antes de llegar al tramo del camino con distinta velocidad de proyecto.

La velocidad de diseño debe seleccionarse para el tramo de carreteras más desfavorables y debe mantenerse en una longitud mínima entre 5 y 10

kilómetros. Una vez seleccionada la velocidad, todas las características propias del camino se deben condicionar a ella, para obtener un proyecto equilibrado.

Tabla 6: Velocidades de diseño del MTOP según la clasificación de la vía

| CLASE DE CARRRETERA | Valor Recomendable | | | Valor Absoluto (Valor Limite) | | |
|-----------------------------|--------------------|-----|----|-------------------------------|----|----|
| | L | O | M | L | O | M |
| R-I o RII mas de 8000 TPDA* | 120 | 110 | 90 | 110 | 90 | 80 |
| I 3000 a 8000 TPDA* | 110 | 100 | 80 | 100 | 80 | 70 |
| II 1000 a 3000 TPDA* | 110 | 100 | 80 | 100 | 80 | 60 |
| III 300 a 1000 TPDA* | 100 | 80 | 60 | 90 | 70 | 50 |
| IV 100 a 300 TPDA* | 90 | 70 | 60 | 80 | 60 | 40 |
| V Menos de 100 TPDA* | 70 | 60 | 50 | 50 | 40 | 40 |

Fuente: Reglamento MOTP - 2002

En esta tabla se consignan los valores de las velocidades de diseño recomendadas por el MOP en el Ecuador.

Los valores antes mencionados se han hecho en base a estudios por medio de la AASHTO la cual toma en cuenta las velocidades de los vehículos tanto livianos como el de los pesados.

2.2.5.2 Ancho de capa de rodadura

El ancho de la capa de rodadura depende del tráfico que va a circular por la vía durante el periodo de diseño establecido.

Tabla 7: Anchos de la capa de rodadura

| Tipo de carretera | Anchos de | | | | Faja separadora central (m) |
|-------------------|-----------------|-------------|------------------|-----|-----------------------------|
| | Corona (m) | Calzada (m) | Acotamientos (m) | | |
| V | 4 | 4 | -- | | -- |
| IV | 6 | 6 | -- | | -- |
| III | 7 | 6 | 0.5 | | -- |
| II | 9 | 7 | 1 | | -- |
| I | 12 | 7 | 2.5 | | -- |
| RI | 22.00 mínimo | 2 x 7.00 | EXT | INT | 1.00 mínimo |
| | | | 3 | 0.5 | |
| RII | 2 x 11.00 | 2 x 7.00 | 3 | 1 | 8.00 mínimo |

Fuente: Reglamento MOTP - 2002

2.2.5.3 Radio mínimo y ensanchamiento mínimo

Estos parámetros están directamente relacionados con la topografía existente y del tipo de carretera que a su vez está en función del TPDA.

Tabla 8: Radio de diseño del MTOP según la clasificación de la vía

| CLASE DE CARRETERA | | VALOR RECOMENDABLE | | | VALOR ABSOLUTO | | |
|--------------------|-------------------|--------------------|-----|-----|----------------|-----|-----|
| | | L | O | M | L | O | M |
| R-I ó R-II | Más de 8000 TPDA | 530 | 435 | 275 | 435 | 275 | 210 |
| I | 3000 a 8000 TPDA | 435 | 350 | 210 | 350 | 210 | 160 |
| II | 1000 a 3000 TPDA | 435 | 350 | 210 | 350 | 210 | 115 |
| III | 300 a 1000 TPDA | 350 | 210 | 115 | 275 | 160 | 80 |
| IV | 100 a 300 TPDA | 275 | 160 | 115 | 210 | 115 | 60 |
| V | Menos de 100 TPDA | 160 | 115 | 80 | 80 | 50 | 50 |

Fuente: Reglamento MOTP - 2002

L – Terreno Llano

O - Terreno Ondulado

M - Terreno Montañoso

2.2.5.4 Ensanchamiento

El ensanchamiento se le da eje de la vía con el fin de optimizar los anchos de la misma y conseguir que el tránsito de los vehículos sea fluido.

L = ancho libre entre vehículos:

6,00 → 0,60

6,50 → 0,70

6,70 → 0,75

7,30 → 0,90

F= ancho adicional para la parte de la carrocería que sobresale a un lado de la llanta

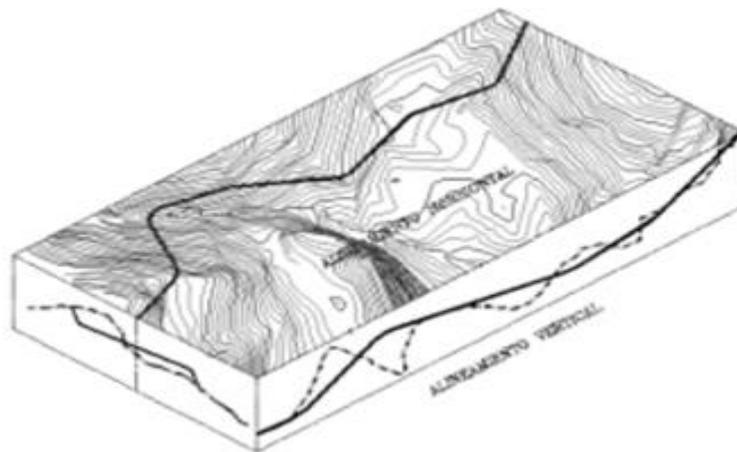
Z= ancho adicional para la maniobra del vehículo (seguridad).

Ensanchamiento mínimo 0,60 m

2.2.6 Diseño geométrico de una carretera

El diseño geométrico de una carretera está compuesto por tres elementos bidimensionales que se ejecutan de manera individual, pero dependiendo unos de otros, y que al unirlos finalmente se obtiene un elemento tridimensional que corresponde a la vía propiamente. Estos tres elementos, que se muestran en la Figura.

Figura 9: Componentes del diseño geométrico



Fuente: Publicación sobre Efectos de la alta compactación de la capa de base en pavimentos flexibles

2.2.6.1 Diseño horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección del centro de la línea de una obra vial sobre un plano horizontal, se compondrá para un tramo de la adecuada combinación de rectas (tangentes), curvas circulares y de transición, sobre anchos y peraltes con referencia a un eje que define un punto de cada sección transversal.

Longitud de Tangentes Intermedias Mínimas (T_{im}).- “Cuando se presenta condiciones críticas en el diseño geométrico para unir curvas horizontales consecutivas, es necesario introducir entre ellas una tangente intermedia con una longitud mínima, permitiendo adaptar el proyecto a las condiciones topográficas en la zona y condiciones de seguridad para que el vehículo que termina de circular en una curva se establezca totalmente antes de entrar a la siguiente curva. Pudiendo estimarla utilizando las siguientes ecuaciones.

Para tramos entre curvas circulares

$$T_{imc} = 0.66(L1 + L2) (X1 + X2)$$

Para tramos entre curvas espirales

$$T_{ime} = 4X$$

Para tramos entre una curva circular y una espiral

$$T_{imce} = 0.50(T_{imc} + T_{ime})$$

Donde X1 y X2 son longitudes en las que se efectúa la primera fase de la transición del peralte de las curvas C1 y C2 respectivamente; y, L1 y L2 son longitudes en las que se realiza la segunda y tercera fase de la transición del peralte, cuyos valores se obtienen de los indicados en la Tabla siguiente:

Tabla 9: Valores de "X" y "L" (Segúnberger-Protecvía)

| VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h) | X(m) | | L(m) | |
|------------------------------|--------|-------|--------|-------|
| | MÍNIMO | IDEAL | MÍNIMO | IDEAL |
| <60 | 10 | 10 | 22 | 37 |
| 60-79 | 10 | 13 | 26 | 46 |
| 80-100 | 16 | 16 | 26 | 5 |

Fuente: Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12.

Longitud Máxima de las Tangentes.- Las tangentes deberán tener una longitud máxima a fin de evitar accidentes del trazado y fatiga del conductor, por lo que resulta aconsejable evitar tangentes excesivamente largas,

introduciendo en su lugar a curvas circulares de radio muy amplio (5 000 – 10 000 m).

Radios Mínimos de Curvatura.- El radio mínimo de curvatura es el valor límite de éste para una determinada velocidad de diseño. En las intersecciones o cruces de la red vial, en los que determinados giros se realizan a velocidad reducida (< 30 km/h), por ser necesaria la detención del vehículo, son las dimensiones y posibilidades de maniobra del vehículo de diseño y su radio de giro, las que determinan los radios más convenientes. Los valores de radio mínimo de giro de diseño los especifica la Tabla siguiente para los principales tipos de vehículo.

Tabla 10: Radios mínimos de giro AASHTO

| TIPO DE VEHÍCULO | RADIO MÍNIMO m |
|--------------------|----------------|
| Carro de pasajeros | 13.8 |
| Camión simple | 27.8 |
| Semi trailer | 22.2 |
| Trailer | 17 |

Fuente: Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12.

En cambio, en las carreteras los radios mínimos a adoptar para las curvas circulares se determinan en función del peralte, la fricción transversal, la visibilidad de parada, la coordinación del trazado en planta y perfil longitudinal, y la velocidad de proyecto.

Tabla 11: Relación velocidad y radio de la curva horizontal

| VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h) | DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) | RADIO MÍNIMO DE CURVAS HORIZONTALES | |
|------------------------------|--|-------------------------------------|----------------|
| | | PAVIMENTADA | NO PAVIMENTADA |
| Dos carriles | | | |
| 120 | 230 | 450 | - |
| 100 | 160 | 320 | - |
| 80 | 130 | 210 | - |
| 70 | 85 | 130 | 190 |
| 60 | 65 | 85 | 125 |
| 50 | 50 | 60 | 80 |
| 40 | 35 | 30 | 40 |
| 30 | 25 | 15 | 20 |

Fuente: Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12.

El radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente.

El empleo de curvas con Radios menores al mínimo establecido exigirá peraltes que sobrepasen los límites prácticos de operación de vehículos. Por lo tanto, la curvatura constituye un valor significativo en el diseño del alineamiento.

El radio mínimo (R) en condiciones de seguridad puede calcularse según la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

Donde:

R = Radio mínimo de una curva horizontal, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

f = Coeficiente de fricción lateral.

e = Peralte de la curva, m/m (metro por metro ancho de la calzada).

Tabla 12: Radios Mínimos de curvas para valores límites de e y f.

| Velocidad de diseño (Km/h) | Peralte máximo e | f máximo | Total e + f | Radio mínimo calculado (m) | Radio mínimo redondeado (m) |
|----------------------------|------------------|----------|-------------|----------------------------|-----------------------------|
| 40 | 0.1 | 0.1650 | 0.2650 | 47.5412272 | 50 |
| 50 | 0.1 | 0.1600 | 0.2600 | 75.7116899 | 80 |
| 60 | 0.1 | 0.1580 | 0.2580 | 109.8699870 | 110 |
| 70 | 0.1 | 0.1462 | 0.2462 | 156.7127420 | 160 |
| 80 | 0.1 | 0.1400 | 0.2400 | 209.9737530 | 210 |
| 90 | 0.1 | 0.1337 | 0.2337 | 272.9119710 | 275 |
| 100 | 0.1 | 0.1274 | 0.2274 | 346.2627860 | 350 |
| 110 | 0.1 | 0.1211 | 0.2211 | 430.9162850 | 435 |
| 120 | 0.1 | 0.1149 | 0.2149 | 527.6213440 | 530 |

Fuente: Reglamento MTOP – 2002

Peralte.- Cuando un vehículo recorre una trayectoria circular es empujado hacia afuera por efecto de la fuerza centrífuga “F” . Esta fuerza es contrarrestada por las fuerzas componentes del peso (P) del vehículo, debido al peralte, y por la fuerza de fricción desarrollada entre llantas y la calzada.

Magnitud del Peralte:

El uso del peralte provee comodidad y seguridad al vehículo que transita sobre el camino en curvas horizontales, sin embargo el valor del peralte no debe sobrepasar ciertos valores máximos ya que un peralte exagerado puede provocar el deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva cuando el mismo circula a baja velocidad.

Debido a estas limitaciones de orden práctico, no es posible compensar totalmente con el peralte la acción de la fuerza centrífuga en las curvas pronunciadas, siendo necesario recurrir a la fricción, para que sumado al efecto del peralte, impida el deslizamiento lateral del vehículo, lo cual se lo contrarresta al aumentar el rozamiento lateral.

En base a investigaciones realizadas, se ha adoptado el criterio de contrarrestar con el peralte aproximadamente el 55% de la fuerza centrífuga; el restante 45% lo absorbe la fricción lateral.

Se recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 10% para carreteras y caminos con capas de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada para velocidades de diseño mayores a 50 Km/h; y del 8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades hasta 50 Km/h. Para utilizar los valores máximos del peralte deben tenerse en cuenta los siguientes criterios para evitar:

- Un rápido deterioro de la superficie de la calzada en caminos de tierra, sub.-base, por consecuencia del flujo de aguas de lluvia sobre ellas.
- Una distribución no simétrica del peso sobre las ruedas del vehículo, especialmente los pesados.
- El resbalamiento dentro de la curva del vehículo pesado que transita a una velocidad baja.

Se calcula la longitud "L" de desarrollo del peralte en función de la gradiente de borde "i", cuyo valor se obtiene en función de la velocidad de diseño.

$$L_t = \frac{e * a}{2i}$$

Donde:

L_t = longitud de la transición

e = Valor del peralte.

a = ancho de la calzada.

i = gradiente Longitudinal.

Longitud mínima para el desarrollo del peralte, es la que corresponde a la distancia recorrida por un vehículo en el tiempo de dos segundos, a la velocidad de diseño, es decir.

$$L_{mín} = 0.56V$$

Donde la V = Km/h.

Sobre ancho.- El objeto del sobre ancho en la curva horizontal es el de posibilitar el tránsito de vehículos con seguridad y comodidad, es necesario introducir los sobreanchos por las siguientes razones:

El vehículo al describir la curva, ocupa un ancho mayor ya que generalmente las ruedas traseras recorren una trayectoria ubicada en el interior de la descrita por las ruedas delanteras, además el extremo lateral delantero, describe una trayectoria exterior a la del vehículo.

La dificultad que experimentan los conductores para mantenerse en el centro de su carril debido a la menor facilidad para apreciar la posición relativa de su vehículo dentro de la curva.

Esta dificultad aumenta con la velocidad, pero disminuye a medida que los radios de la curva son mayores.

Para el caso si el vehículo describe una curva, marchando a muy pequeña Velocidad, el sobre ancho se podría calcular geométricamente, ya que su eje posterior es radial. Lo mismo ocurrirá cuando describiera una curva peraltada a una velocidad tal, de manera que la fuerza centrífuga fuera contrarrestada completamente por la acción del peralte.

En cambio si la velocidad fuera menor o mayor que la anterior, las ruedas traseras se moverían a lo largo de una trayectoria más cerrada o más abierta, respectivamente.

Para el cálculo práctico del sobre ancho, no se ha tenido en cuenta esta circunstancia, muy variable según las características de los vehículos y la velocidad que desarrollan.

En la siguiente tabla se indican los diversos valores obtenidos del sobre ancho en función de la velocidad, el radio y del vehículo de diseño.

Tabla 13: Peraltes y sobre anchos calculados por la AASHTO

| CUADRO DE PERALTES Y SOBREANCHOS | | |
|---|---------|------------|
| CARRETERAS DE 2 CARRILES-ANCHO DE VIA 6.00m | | |
| VELOCIDAD DE DISEÑO (K/m) | | |
| Radio | Peralte | Sobreancho |
| (m) | (%) | (m) |
| 350 | 8,4 | 0,98 |
| 300 | 9,0 | 1,04 |
| 210 | 10,0 | 1,20 |
| 400 | 7,8 | 0,93 |
| 700 | 5,0 | 0,78 |
| 600 | 5,8 | 0,82 |

Fuente: Guía para pavimentos Método AASHTO

Curvas circulares.- Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas y pueden ser simples, compuestas y reversas.

Entre sus elementos característicos principales se tienen los siguientes:

- ✓ Grado de curvatura: Es el ángulo formado por un arco de 20 metros. Su valor máximo es el que permite recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño. El grado de curvatura constituye un valor significativo en el diseño del alineamiento. Se representa con la letra GC y su fórmula es la siguiente:

$$G_c = \frac{1145.92}{R}$$

PI: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PC: Punto en donde empieza la curva simple

PT: Punto en donde termina la curva simple

α : Angulo de deflexión de las tangentes

ΔC : Angulo central de la curva circular

θ : Angulo de deflexión a un punto sobre la curva circular

GC: Grado de curvatura de la curva circular

RC: Radio de la curva circular

T: Tangente de la curva circular o subtangente

E :External

M: Ordenada media

C: Cuerda

CL: Cuerda larga

I: Longitud de un arco

le: Longitud de la curva circular

- ✓ Longitud de la curva: Es la longitud del arco entre el PC y el PT. Se lo representa como l_c y su fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$l_c = \frac{\pi R \alpha}{180}$$

- ✓ Tangente de curva o sub-tangente: Es la distancia entre el PI y el PC ó entre el PI y el PT de la curva, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa con la letra "T" y su fórmula de cálculo es:

$$T = R * \text{Tang}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- ✓ External: Es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra "E" y su fórmula es:

$$E = R \left(\text{Sec} \frac{\alpha}{2} - 1 \right)$$

- ✓ Ordenada media: Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se representa con la letra "M" y su fórmula de cálculo es:

$$M = R - R \cos \frac{\alpha}{2}$$

- ✓ Deflexión en un punto cualquiera de la curva: Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en el PC y la tangente en el punto considerado. Se lo representa como θ y su fórmula es:

$$\theta = \frac{Gc * l}{20}$$

- ✓ Cuerda: Es la recta comprendida entre 2 puntos de la curva. Se la representa con la letra "C" y su fórmula es:

$$C = 2 * R * \text{Sen} \frac{\theta}{2}$$

Si los dos puntos de la curva son el PC y el PT, a la cuerda resultante se la llama CUERDA LARGA. Se la representa con las letras "CL" y su fórmula es:

$$Cl = 2 * R * \text{Sen} \frac{\alpha}{2}$$

- ✓ Angulo de la cuerda: Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente de la vía y la curva. Su representación es "Ø" y su fórmula para el cálculo es:

$$\phi = \frac{\theta}{2}$$

En función del grado de curvatura:

$$\phi = \frac{Gc * l}{40}$$

El ángulo para la cuerda larga se calcula con la siguiente fórmula:

$$\phi = \frac{G * lc}{40}$$

2.2.6.2 Alineamiento vertical

El perfil vertical de una carretera es tan importante como el alineamiento horizontal y debe estar en relación directa con la velocidad de diseño, con las curvas horizontales y con las distancias de visibilidad.

En la siguiente tabla constan las normas de diseño para las Curvas verticales convexas y cóncavas mínimas.

Tabla 14: Curvas verticales convexas y cóncavas mínimas

| Velocidad de Diseño (km/h) | Distancia de Visibilidad para Parada (m) | Curvas Verticales Convexas Mínimas Coeficiente "K" $0 \leq S^2/426$ | | Curvas Verticales Cóncavas Mínimas Coeficiente "K" $= S^2/122+3.5 S$ | |
|----------------------------|--|--|------------|---|------------|
| | | Calculado | Redondeado | Calculado | Redondeado |
| 40 | 45 | 4.7 | 5 | 7.2 | 7 |
| 50 | 60 | 8.4 | 8 | 10.8 | 11 |
| 60 | 75 | 13.2 | 13 | 14.6 | 15 |
| 70 | 90 | 19.0 | 19 | 18.5 | 18 |
| 80 | 110 | 28.4 | 28 | 23.8 | 24 |
| 90 | 140 | 46.0 | 46 | 32.0 | 32 |
| 100 | 160 | 60.0 | 60 | 37.5 | 38 |
| 110 | 190 | 84.7 | 85 | 45.9 | 46 |

Fuente: Normas de diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003

Criterios generales para el alineamiento Vertical.

El ministerio de Obras Públicas del Ecuador emite los siguientes criterios:

1. Se deben cortar los perfiles con Gradientes reversos agudos y continuados, en combinación con un alineamiento horizontal en su mayor parte en línea recta, por constituir un serio peligro, esto se

puede evitar introduciendo una curvatura horizontal o por medio de pendientes más suaves lo que significa mayores cortes y rellenos.

2. Deben evitarse perfiles que contengan dos curvas verticales de la misma dirección entrelazadas por medio de tangentes cortas.
3. En ascensos largos, es preferible que las pendientes más empinadas estén colocadas al principio del ascenso y luego se lo suavice, también es preferible emplear un tramo de pendiente máxima, seguido por un tramo corto pendiente suave en el cual los vehículos pesados puedan aumentar en algo su velocidad, después del cual sigue otra vez un nuevo tramo largo de una sola pendiente aunque ésta sea algo suave.
4. En la relación de la curva vertical a emplearse en un enlace determinado, se debe tener en cuenta la apariencia estética de la curva y los requisitos para drenar la calzada en forma adecuada.

Las pendientes del eje de la carretera pueden producir variaciones en la velocidad de operación de los vehículos. Su adopción en el trazado es función, dentro de un análisis económico, de las características topográficas del terreno por donde se desarrollará y de la facilidad de operación de los vehículos.

De acuerdo a las restricciones en pendientes aplicadas en la actualidad se recomiendan los valores máximos permitidos en el diseño que incluye la Tabla siguiente, aunque su utilización debe ser restringida

Tabla 15: Pendientes máximas (%) permitidas

| FUNCIÓN DE CARRETERA | VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h) | |
|----------------------|------------------------------|----------|
| | 50 | 70 o más |
| Corredor arterial | - | 6 |
| Colectora | 10 | 8 |
| Vecinal | 15 | |

Fuente: Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12.

En caminos vecinales cuando exista la posibilidad que circulen carretas, o la sub-rasante está compuesta por suelos arcillosos, la pendiente no deberá exceder del 5 %. Si la pendiente es del 0%, es decir, si el tramo es horizontal, puede utilizarse cuando la geometría de la sección transversal ofrece un drenaje lateral adecuado.

Pendiente máxima.- Es la mayor pendiente que permite el proyecto, su valor queda determinado por el volumen de tránsito futuro y su composición, por la configuración o tipo de terreno por donde pasa la vía y por la velocidad de diseño.

Las pendientes máximas deben utilizarse únicamente en casos extremos y en tramos cortos de carretera. Los valores de diseño de pendientes longitudinales máximas en función a la altura del nivel del mar están dados por el MOP por la siguiente Tabla.

Tabla 16: Pendientes longitudinales máximas en función de la altura sobre el nivel del mar.

| TIPO DE CAMINO | ALTURA | | | | |
|----------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | < 1000 | 1000-2000 | 2000-3000 | 3000-3500 | 3500-4000 |
| 6 – 7 | 0,1 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,06 |
| 4 – 5 | 0,1 | 0,1 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| 4E – 5E | 0,12 | 0,11 | 0,1 | 0,09 | 0,08 |

Fuente: MOP, Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Puentes y Carreteras

Pendiente mínima.- Es la menor pendiente que se le permite al proyecto, una pendiente del 0,5%, es la pendiente longitudinal mínima aceptable. Su valor se fija para facilitar el drenaje superficial longitudinal, pudiendo variar según se trate de un tramo en terraplén o en corte y de acuerdo al tipo de terreno.

Longitud crítica de la pendiente.- Es la máxima longitud en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite

previamente establecido. Los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica de una tangente son principalmente el vehículo de proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito.

Gradientes Mínimas.- La gradiente longitudinal mínima usual es de 0,5 por ciento. Se puede adoptar una gradiente de cero por ciento para el caso de rellenos de 1 metro de altura o más y cuando el pavimento tiene una gradiente transversal adecuada para drenar lateralmente las aguas de lluvia.

Curvas verticales, cóncavas y convexas

Las curvas verticales se utilizan para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas, con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos.

La curva vertical preferida en el diseño del perfil de una carretera es la parábola simple que se aproxima a una curva circular. Por otro lado, debido a que la medida de las longitudes en una carretera se hace sobre un plano horizontal y las gradientes son relativamente planas, prácticamente no hay error alguno al adoptar la parábola simple.

Curvas Verticales Cóncavas.

No existe un criterio único respecto de la longitud para el diseño de esta clase de curvas. Existen cuatro criterios diferentes con el fin de establecerla, que son:

- ✓ Distancia de visibilidad nocturna, que es el que más se tiene en cuenta
- ✓ Comodidad para conducir y para los usuarios
- ✓ Control de drenaje
- ✓ Apariencia de la vía.

Es decir que por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo.

La longitud de la curva dependiendo del tipo de curva, son expresadas por las siguientes fórmulas.

| Curva Vertical Cóncava | Curva Vertical Convexa |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| $L_{cv} = A * (S^2 / (122 + 3.5*S))$ | $L_{cv} = A * S^2 / 426$ |

Donde:

L= Longitud de la curva vertical, expresada en metros.

A = diferencia de pendientes (m1-m2), expresada en porcentajes.

S= distancia de visibilidad de parada, expresada en metros.

A continuación un cuadro con los valores mínimos de diseño del coeficiente “k” para la determinación de la longitud de curvas verticales cóncavas y convexas mínimas.

Tabla 17: Valores mínimos de diseño del coeficiente “k”

| Clase de Carretera | Valor Recomendable | | | Valor Absoluto | | |
|---------------------------|--------------------|----|----|----------------|----|----|
| | L | O | M | L | O | M |
| R-I o R-II > 8000 TPDA | 115 | 80 | 43 | 80 | 43 | 28 |
| I 3000 a 8000 TPDA | 80 | 60 | 28 | 60 | 28 | 12 |
| II 1000 a 3000 TPDA | 60 | 43 | 19 | 43 | 28 | 7 |
| III 300 a 1000 TPDA | 43 | 28 | 12 | 28 | 12 | 4 |
| IV 100 a 300 TPDA | 28 | 12 | 7 | 12 | 3 | 2 |
| V Menos de 100 TPDA | 12 | 7 | 4 | 7 | 3 | 2 |

Fuente: MOP, Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Puentes y Carreteras

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales, expresada en metros, se indica por la siguiente fórmula.

$$L_{min} = 0.60 V$$

En donde, V es la velocidad de diseño, expresada en kilómetros por hora.

2.2.7 Drenaje vial

El agua “incontrolada” procedente de las precipitaciones o del subsuelo puede llegar a ser muy perjudicial para la propia estructura del pavimento, mermando su resistencia, plastificando los suelos, erosionando taludes o disolviendo partículas más susceptibles. Además, su presencia en la superficie modifica drásticamente las condiciones de rodadura de los vehículos, restándoles adherencia con la calzada y haciendo más propensos los accidentes.

La recolección, encauzamiento y disposición de las aguas pluviales, tanto superficiales como subterráneas, es esencial para garantizar la estabilidad, integridad y funcionamiento de una vía; su garantía es el objetivo fundamental de cualquier sistema de drenaje vial; sin embargo, al cumplir con ese objetivo, no debe descuidarse la razón complementaria del sistema: facilitar el tránsito de vehículos. Por lo tanto un sistema de drenaje vial se entiende como el conjunto de obras destinadas a reducir o eliminar los inconvenientes que las aguas puedan ocasionar a la circulación de los vehículos; es por eso que un ingeniero debe diseñar sistemas de drenaje vial efectivos que capten, evacuen y canalicen adecuadamente el agua, manteniéndola alejada de la zona de afección de la vía.

A la hora de proyectar el drenaje de una carretera deben tenerse en cuenta una serie de factores que influyen directamente en el tipo de sistema más adecuado, así como en su posterior funcionalidad. Los más destacables son:

a) Factores Topográficos.- Dentro de este grupo se engloban circunstancias de tipo físico, tales como la ubicación de la carretera respecto del terreno natural contiguo (en desmonte, terraplén), la tipología del relieve existente (llano, ondulado, accidentado) y la disposición de las pendientes en referencia a la vía.

b) Factores Hidrológicos.- Hacen referencia a los aspectos hidrometeorológicos así como al área de la cuenca aportante o de recepción, de aguas superficiales que afecta directamente a la carretera, así como la presencia, nivel y caudal de las aguas subterráneas que puedan infiltrarse en las capas inferiores de la estructura de la vía.

c) Factores Geotécnicos.- La naturaleza y características de los suelos existentes en la zona condicionada, la facilidad con la que el agua puede llegar a la vía desde un punto de origen, así como la posibilidad de que se ocasionen deslizamientos o una erosión excesiva del terreno. Las propiedades a considerar son aquellas que afectan a su permeabilidad, homogeneidad, estratificación o compacidad, y la existencia de vegetación.

El sistema de drenaje longitudinal está compuesto por tres tipos de dispositivos funcionales:

- a) Elementos de Canalización.- Recogen las aguas pluviales. (cunetas).
- b) Elementos de Desagüe.- Alivian el caudal de los anteriores, facilitando la salida de las aguas. (Sumideros).
- c) Elementos de Evacuación.- Conducen las aguas hasta su evacuación en un cauce natural. (colectores).

2.2.7.1 Cunetas

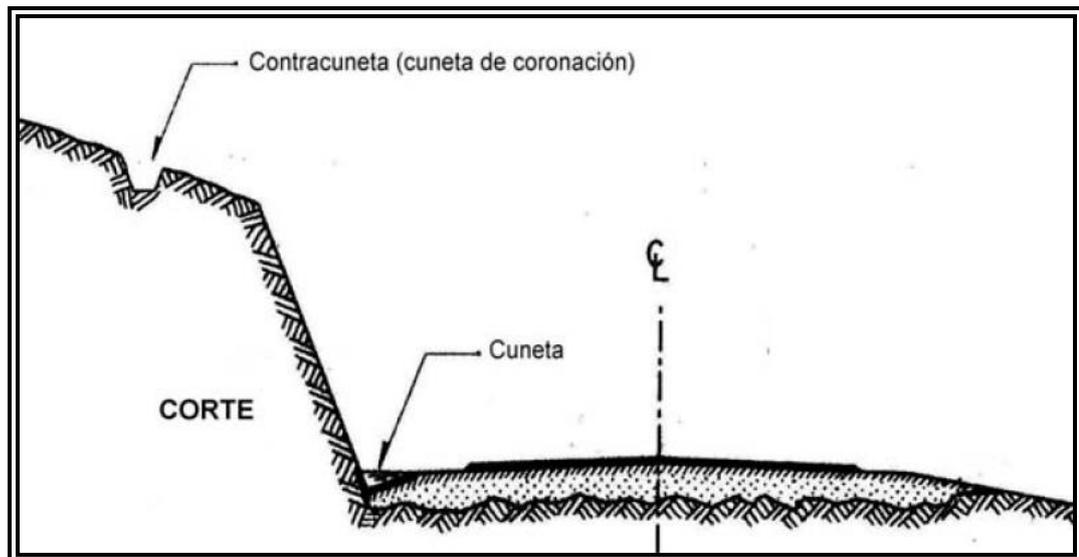
Son canales que se construyen, en las zonas de corte, a uno o a ambos lados de una carretera, con el propósito de interceptar el agua de lluvia que escurre de la corona de la vía, del talud del corte y de pequeñas áreas adyacentes, para conducirla a un drenaje natural ó a una obra transversal, con la finalidad de alejarla rápidamente de la zona que ocupa la carretera.

La cuneta se localiza entre el espaldón de la carretera y el pie del talud del corte.

Las Contra cunetas o Cunetas de Coronación son canales excavados en el terreno natural, que se localizan aguas arriba cerca de la corona de los taludes de los cortes, con la finalidad de interceptar el agua superficial que escurre ladera abajo desde mayores alturas, para evitar la erosión del talud y el incremento del caudal y su material de arrastre en la cuneta. En la Figura se muestra la localización de las cunetas de coronación.

La distancia mínima entre la contra cuneta y la corona del corte será de 5.00 m o igual a la altura del corte, si ésta es mayor a 5.00 m.

Figura 11: Cuneta y contra cuneta

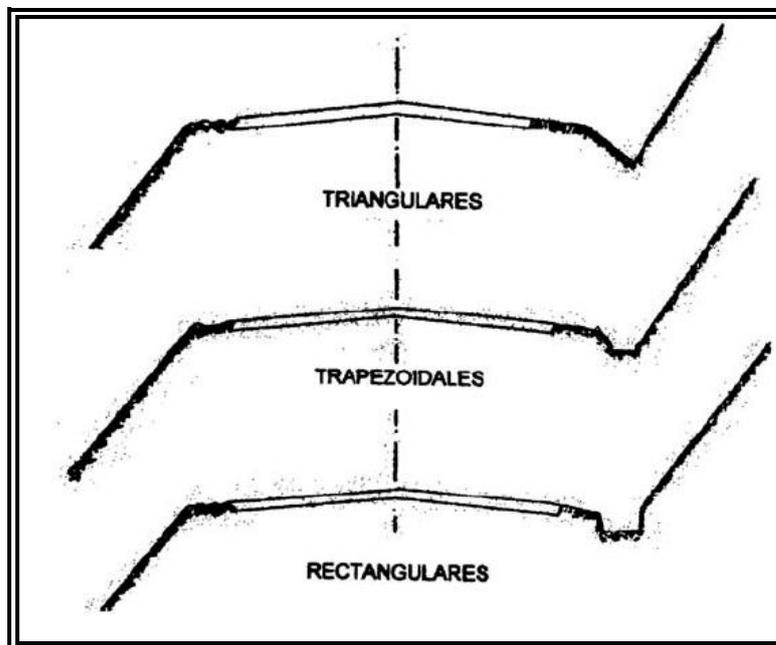


Fuente: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA VÍA BABA- LA ESTRELLA, tesis

2.2.7.2 Formas y sección

Las cunetas según la forma de su sección transversal, pueden ser: triangulares, rectangulares y trapezoidales como se puede ver en la Figura. El uso de cunetas triangulares es generalizado, posiblemente, por su facilidad de construcción y mantenimiento.

Figura 12: Clases de Cunetas

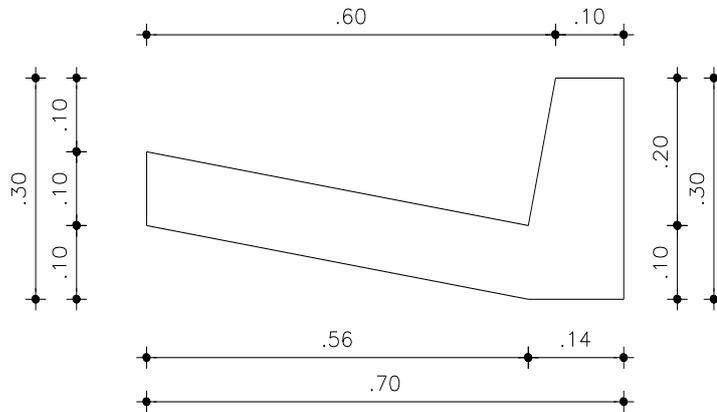


Fuente: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA VÍA BABA- LA ESTRELLA, tesis

La sección rectangular ha sido generalmente abandonada por razones de ingeniería de tránsito, debido a la sensación de peligro que siente quien transita cerca de ella. Por esta misma razón la sección trapezoidal se utiliza cada vez menos, salvo que tenga el talud cercano a la carretera muy tendido.

En las secciones triangulares se recomienda que el talud hacia la vía tenga como mínimo 3:1, preferentemente 4:1 y del caso del corte seguirá sensiblemente la inclinación del talud del mismo: considerando, para el caso, una lámina de agua no mayor de 30cm., como se puede ver en la Figura.

Figura 13: Detalle de la Cuneta



Fuente: Propia

2.2.7.3 Localización, pendiente y velocidades

La cuneta se encuentra entre el espaldón de la carretera y el pie del talud de corte. La pendiente será similar al perfil longitudinal de la vía, con un valor mínimo del 0.50 % y un valor máximo que estará limitado por la velocidad del agua, la misma que condicionara la necesidad de revestimiento.

El siguiente cuadro del MOP proporciona como norma de criterio la velocidad del agua a partir de la cual se produce erosión en diferentes materiales. A pesar de los valores indicados, es práctica usual limitar la velocidad del agua en las cunetas en zampeado a 4 m/s, en hormigón.

Tabla 18: Velocidad del agua a partir de la cual se produce erosión en diferentes materiales

| MATERIAL | VELOCIDAD | MATERIAL | VELOCIDAD |
|-------------------|-----------|---------------|-----------|
| Arena Fina | 0.45 | Pizarra suave | 2.0 |
| Arcilla arenosa | 0.50 | Grava gruesa | 3.5 |
| Arcilla ordinaria | 0.85 | Zampeado | 3.4 – 4.5 |
| Arcilla firme | 1.25 | Roca sana | 4.5 – 7.5 |
| Grava fina | 2.00 | hormigón | 4.5 – 7.5 |

Fuente: Normas de diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003

2.2.7.4 Alcantarillas

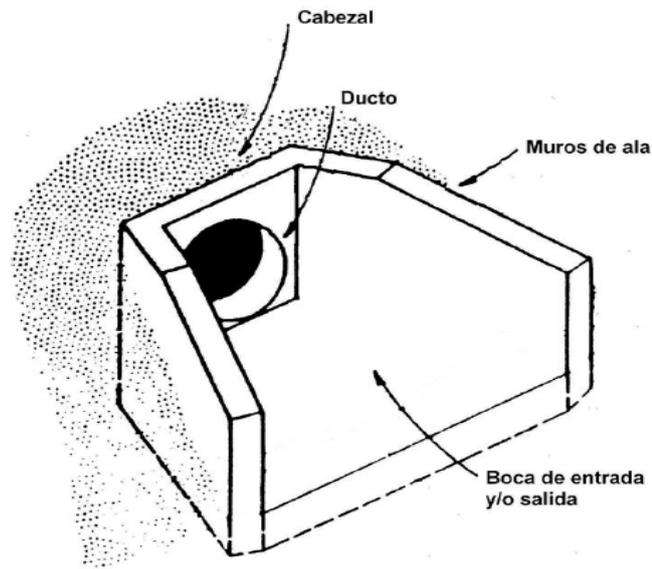
Las alcantarillas son conductos cerrados, de forma diversa, que se instalan o construyen transversales y por debajo del nivel de subrasante de una carretera, con el objeto de conducir, hacia cauces naturales, el agua de lluvia proveniente de pequeñas cuencas hidrográficas, arroyos ó esteros, canales de riego, cunetas y/o del escurrimiento superficial de la carretera.

De acuerdo a las condiciones topográficas del corredor de la carretera, se puede considerar que las alcantarillas servirán para:

Drenar: planicies de inundación o zonas inundables, cuencas pequeñas definidas.

Para coleccionar aguas provenientes de cunetas

Figura 14: Elementos constitutivos de una alcantarilla.



Fuente: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA VÍA BABA- LA ESTRELLA, tesis

Entre ellos tenemos: el ducto, los cabezales, los muros de ala en la entrada y salida, y otros dispositivos que permitan mejorar las condiciones del escurrimiento y eviten la erosión regresiva debajo de la estructura.

De acuerdo con la forma de la sección transversal del ducto, las alcantarillas pueden ser: circulares, rectangulares, de arco, bóvedas ó de ductos múltiples.

Los materiales que se utilizarán en la construcción de las alcantarillas serán de hormigón armado, lámina de acero corrugado plástico, arcilla vítrea,

lámina de aluminio corrugado y lámina de acero inoxidable; aunque las alcantarillas metálicas son de fácil instalación, en zonas de alto potencial corrosivo, se debe preferir el uso de alcantarillas de hormigón.

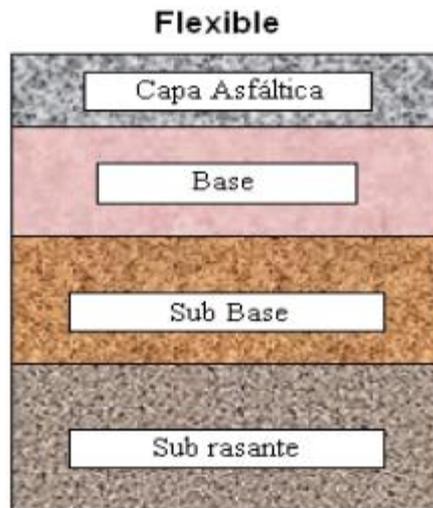
Además de las obras de drenaje específicas: puentes, alcantarillas, cunetas y contra cunetas (cunetas de coronación), en una carretera es necesario disponer de otras obras menos conocidas que contribuyen a encauzar y eliminar las aguas superficiales que de otro modo podrían causar daños. Como tales obras complementarias de drenaje se entenderán a las siguientes: el bombeo, las rampas de descarga, las bermas, el sembrado de especies vegetales, y los canales interceptores.

Estas obras complementarias de drenaje no son de uso universal o rutinario; son obras que deben hacerse solamente en el lugar en que se requieran, pues de otra manera se derrocharían y se producirían, inclusive, resultados contra producentes.

2.2.8 Pavimento flexible

Los pavimentos flexibles distribuyen los esfuerzos aplicados en áreas pequeñas debido a su menor rigidez, por lo que tienden a deformarse y a recuperar su condición una vez que la carga es retirada. Este tipo de pavimentos están compuestos por una capa de rodamiento bituminosa, apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base.

Figura 15: Capas que conforman un pavimento flexible



Fuente: Propia Santiago Cevallos

2.2.8.1 Sub-base

Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante. Generalmente se constituye por material bien graduado proveniente de cantera es de mejor calidad que la sub-rasante.

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 para controlar 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.

Deberá cumplir con los siguientes requisitos que se muestran en la tabla

Granulometría:- Tamaño máximo 3”

Tabla 19: Granulometría para las diferentes clases de sub-base

| TAMIZ | PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE LA MALLA CUADRADA | | |
|---------|--|---------|---------|
| | CLASE 1 | CLASE 2 | CLASE 3 |
| 3” | - | - | 100 |
| 2“ | - | 100 | - |
| 1 1/2” | 100 | 70-100 | - |
| N.- 4 | 30-70 | 30-70 | 30-70 |
| N.- 40 | 10-35 | - | - |
| N.- 200 | 0-15 | 0-20 | 0-20 |

Fuente: Normas del MOP 403-1.1.

Plasticidad:- El material pasante el tamiz N.- 40 tendrá:

Límite líquido será hasta el 35 %

Índice plástico Hasta 12%

Contracción Lineal entre 3 y 6%

El material se compactará entre 95 y 100 %.

La cantidad a pagarse por la construcción de la sub-base, será el número de metros cúbicos efectivamente ejecutados y aceptados, medidos en su lugar de compactación.

2.2.8.2 Base

Es la capa compactada que se encuentra bajo la superficie de rodamiento. La capa de base es un elemento fundamental del pavimento desde el punto de vista estructural, su propósito consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita los esfuerzos inducidos por el tráfico, en una intensidad apropiada, hacia las capas inferiores.

Esta capa de la estructura del pavimento es la más crítica por lo consiguiente se empleará materiales de la más alta calidad.

Este trabajo consistirá en la construcción de capas compuestas de agregados pétreos triturados.

Lo agregados pétreos para las capas de base deberán cumplir las exigencias que se muestran en la tabla

Granulometría: Tamaño máximo 2"

Tabla 20: Granulometría para las diferentes clases de base

| TAMIZ | PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE LA MALLA CUADRADA | |
|--------|--|--------|
| | TIPO A | TIPO B |
| 2" | 100 | - |
| 1 1/2" | 70-100 | 100 |
| 1" | 55-85 | 70-100 |
| 3/4" | 50-80 | 60-90 |
| 3/8" | 35-60 | 45-75 |

| | | |
|---------|-------|-------|
| N.- 4 | 25-50 | 30-60 |
| N.-10 | 20-40 | 20-50 |
| N.- 40 | 10-25 | 10-25 |
| N.- 200 | 2-12 | 2-12 |

Fuente: Normas del MOP 404-1.1.

Los Agregados retenidos en el tamiz N.- 4 deberán tener un porcentaje de desgaste no mayor de 40 %.

La porción de agregado que pase el tamiz N.-40 deberá carecer de plasticidad. La base mezclada en planta deberá ser transportada a la plataforma del camino, evitándose la segregación de los componentes de la mezcla. Inmediatamente después de terminar la distribución y conformación del material mezclado, cada capa de base deberá compactarse en su ancho total por medio de un rodillo liso. La cantidad a pagarse por la construcción de una base de agregados será el número de metros cúbicos ejecutados y aceptados, medidos después de la compactación.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

ACERA.- Parte lateral de la vía pública comprendida entre la línea de fábrica y la calzada, destinada al tránsito exclusivo de peatones.

AASHTO.- Asociación Americana de Autoridades de Vialidad y Transporte de los Estados. (American Association of State Highway and Transportation Officials).

ALCANTARILLA.- Tubo, cuneta, canal o cualquier otro elemento, de carácter público, para evacuar aguas servidas, lluvias o subterráneas.

ANCHO DE VÍA.- Es la distancia horizontal del espacio de uso público tomada entre las líneas de fábrica. Comprende la calzada y las aceras.

ASFALTO.- Betún sólido, semisólido o líquido, de color entre negro o pardo oscuro, encontrado en depósitos naturales u obtenidos artificialmente como un residuo del petróleo. En nuestro país, la mayor parte del asfalto empleado se obtiene del Petróleo.

ÁREA DE CIRCULACIÓN.- Son espacios como: vestíbulos, corredores, galerías, escaleras y rampas; que sirven para relacionar o comunicar horizontal y/o verticalmente otros espacios diferentes a éstos, con el propósito de lograr la funcionalidad y la comodidad integral.

BASE.- Capa (o capas), de espesor definido, de materiales sujetos a determinadas especificaciones, colocada sobre la subbase o la subrasante para soportar las capas de Superficie o Rodadura.

CALLE/CAMINO/SENDERO.- Vía pública para el tránsito de personas y/o vehículos. Calzada: La parte del camino donde circulan los vehículos, incluyendo los carriles auxiliares, pero excluyendo los espaldones.

CALZADA.- Área de la vía pública comprendida entre los bordes de caminos, bermas o espaldones, bordillos y/o aceras destinadas a la circulación de vehículos.

CBR.- Índice de California, Capacidad portante de California (California Bearing Rates). Medida de la resistencia de un suelo al esfuerzo cortante bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Se expresa en porcentaje (%) y se utiliza, auxiliándose con curvas empíricas, para el proyecto de Pavimentos flexibles.

CAPA DE RODADURA O SUPERFICIE.- Capa superior de la calzada, de material especificado, designada para dar comodidad al tránsito. Debe tener características antideslizantes, ser impermeable y resistir la abrasión que produce el tráfico y los efectos desintegrantes del clima. A veces se la llama "Capa de Desgaste".

CARPETA.- Capa de concreto asfáltico, de un espesor determinado, que se coloca para que sirva de capa de rodadura.

CARRETERA.- Camino que se diseña y se construye con especificaciones adecuadas para un tránsito vehicular importante.

CARRIL.- Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.

CONTENIDO DE HUMEDAD.- En mecánica de suelos, es el peso del agua contenida en la muestra del suelo (libre, adsorbida, capilar o higroscópica), expresada como porcentaje del peso de la misma muestra secada al horno a 110° C., hasta que ella no registre variaciones en su peso.

CUNETAS.- Zanjas, revestidas o no, que recogen y canalizan las aguas superficiales y se desarrollan paralelamente al Camino.

Generalmente, se utiliza este nombre para las cunetas laterales del borde exterior de los Espaldones o de las Bermas y se usan para recoger las aguas de la calzada, los Espaldones y las Bermas, si éstas existen.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.- Combinación de capas de subbase, base y de superficie o rodadura colocadas sobre una subrasante, para soportar las cargas del tránsito y distribuir los esfuerzos en la plataforma

INEC.- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

VÍA URBANA.- Vía con un alto nivel de consolidación de actividades de sector, zona o de ciudad compatibles.

ESPALDON.- Faja lateral pavimentada o no adyacente a la calzada de un vía

MOP.- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

PAVIMENTO.- Nombre genérico para toda la "estructura" de un pavimento (Firme). No obstante se lo utiliza también para designar solo la capa de rodadura, especialmente cuando ella está constituida por una carpeta.

PAVIMENTOS FLEXIBLES.- están conformados estructuralmente por capas de materiales granulares compactados y una superficie de rodadura (construida normalmente a base de concreto asfáltico.

PERALTE.- Cuando un vehículo recorre una trayectoria circular es empujado hacia afuera por efecto de la fuerza centrífuga "F" . Esta fuerza es contrarrestada por las fuerzas componentes del peso (P) del vehículo, debido al peralte, y por la fuerza de fricción desarrollada entre llantas y la calzada.

RASANTE.- Línea de gradiente a nivel de la superficie de rodadura del camino.

REPLANTEO.- Demarcación en el terreno de puntos de control del proyecto, necesarios para realizar la obra.

SUBBASE.- Capas, de espesor definido, de materiales que cumplen determinadas especificaciones, las cuales se colocan sobre una subrasante aprobada, para soportar la Capa de Base.

SUBRASANTE.- Superficie superior de la obra básica, preparada como fundación de la estructura de pavimento y de los espaldones.

SUELO.- Es la capa superficial más externa de la superficie terrestre, constituida por sustancias minerales y orgánicas, que soporta las plantas y cuyas propiedades se deben a los efectos combinados del clima y de la materia viva sobre la roca madre. La ciencia que estudia el suelo se conoce como edafología.

TALUD.- Inclinación o declive del paramento de un muro o de un terreno.

VIA PÚBLICA.- Espacio destinado para la circulación peatonal y/o vehicular.

VÍAS COLECTORAS.- Enlazan las vías arteriales y las vías locales. Estas vías deben observar las siguientes características:

FUENTE: - Anexo del libro innumerado “Del régimen administrativo del suelo en el Distrito Metropolitano de Quito”.

- Normas de Arquitectura y Urbanismo corresponde a la codificación de los textos de las ordenanzas N° 3457 y 3477.
- MOP - 001-F 2002 “Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes”.

2.4 MARCO LEGAL

Las leyes, normas y reglamentos que deben ser considerados en el desarrollo del Estudio de diseño de la Vía Punta Ahuano y llega hasta el Ahuano, en la Provincia de Napo son los siguientes:

La Constitución Política de la República del Ecuador, expedida por la Asamblea Constituyente, en el Título III, en el Capítulo 5, En la Sección Segunda, DEL MEDIO AMBIENTE contempla 6 artículos referentes al tema ambiental. Cabe destacar el Artículo 86 establece que “El estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable, velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza.

El Art.89 expresa que el Estado tomará las medidas orientadas a la consecución de los siguientes objetivos.

Promover al sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes.

Regular, bajo estrictas normas de bioseguridad, la propagación en el medio ambiente, la experimentación, el uso, la comercialización y la importancia de organismos genéticamente modificados.

Ley de prevención y Control de Contaminación Ambiental, el Art 11 expresa “Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio el Ministerio de Salud puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia”.

La misma ley en el Art 20, expresa “Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y relaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes”.

La Ley de Tránsito y Transporte Terrestre en el Art 23 expresa “Dictar normas de seguridad sobre tránsito y transporte terrestre y control de la Contaminación del medio ambiente”.

La red vial del Ecuador es un pilar básico para el fomento de la productividad basada en los principios de equidad, equivalencia, sostenibilidad ambiental y competitividad, que hace posible el cumplimiento del Plan Nacional del Buen Vivir o Sumak Kawsay.

De acuerdo al mandato de la Constitución del 2008, a través del Ministerio de Transporte y Obras Públicas tenemos el plan estratégico para el mejoramiento y la excelencia en la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de los proyectos viales, que es la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, en sus volúmenes: 1 cuyo contenido es los procedimientos para proyectos viales. VOLUMEN 2A-B que contienen las normas para estudios y diseños viales, VOLUMEN 3 que contiene las especificaciones técnicas regulatorias para la construcción de caminos y puentes. Por último el VOLUMEN 4 cuyo contenido son los estudios y criterios ambientales para proyectos viales.

CAPITULO III

PROPUESTA DE DISEÑO

3.1 Estudio Topográfico

Se realizó un levantamiento planimétrico y altimétrico con el objetivo de escoger un eje para materializar el polígono en el terreno, los trabajos de topografía realizados para el estudio son los siguientes:

Levantamiento del eje de la vía de 1629,66 Km de longitud, nivelado cada 20 m., secciones transversales tomadas a cada lado del eje.

El polígono fue abscisado cada 20 metros en tangentes y cada 10 metros en las curvas circulares y en los puntos de inflexión, como son los bordes superiores, inferiores y fondos de esteros, ríos, quebradas, drenajes etc., tomando como partida cotas referidas al nivel del mar. Al mismo tiempo se tomaban los datos de perfiles ayudados con estación total se tomaron perfiles transversales aproximadamente cada 20 metros y 10 metros a cada lado del eje, tomándose adicionalmente puntos de detalle.

Previa la realización de los trabajos en el campo, se efectuó un reconocimiento completo de la vía.

Para la determinación del Azimut y los ángulos de cierre de la poligonal se utilizó estaciones electrónicas Totales SOKKIA 50RX, con las cuales se obtuvo las respectivas coordenadas UTM para georeferenciar el proyecto a la red de coordenadas IGM.

La Topografía de la zona atravesada por el camino estudiado es ondulada con pendiente que va del 2 % al 9 %.

El inicio del proyecto (Abscisa 0+000) está ubicado en el margen izquierda del río Napo (Punta Ahuano) y sus coordenadas son: 214853,969 E y 9883034,958 N y llega hasta la abscisa 1+629.66 en el Ahuano cuyas coordenadas son: 216353,862 E y 9882673,525 N. *Anexo 4*

3.2 Estudio Hidrológico

El clima en la zona de Ahuano está influenciado en primer término por la altitud geográfica, es un sitio plano sin barreras topográficas. No tiene ninguna protección de la acción de las corrientes aéreas.

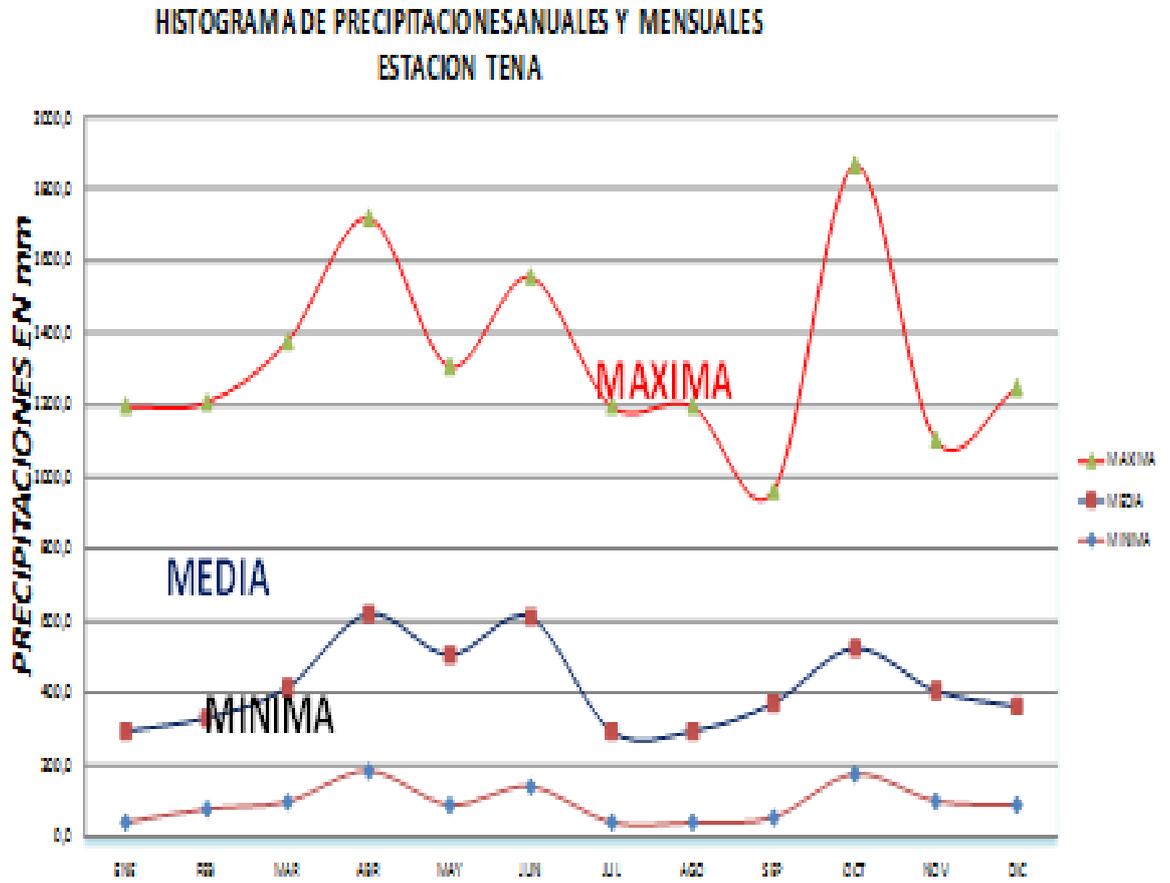
La cuenca ha perdido una parte de bosque primario y siendo las intensidades de lluvia muy importantes las crecidas son frecuentes y fuertes.

La magnitud de las crecidas y la forma del hidrograma influyen directamente las condiciones geomorfológicas y grados de libertad del cauce como son el rango de variación de la altura de agua los anchos mojados, la rugosidad y las pendientes longitudinales que denotan la búsqueda del equilibrio morfológico por parte del curso del agua afectado por las avenidas, estiaje y obras civiles realizadas por el hombre, más aun si la zona en estudio es susceptible a problemas de inundación tal como se indica en el *Anexo 1*.

La precipitación está bien definida en dos estaciones: La lluviosa que va desde diciembre hasta junio y la seca que va desde julio hasta noviembre es decir cinco meses. Durante la temporada lluviosa precipita el 87,45 del total anual. El pico máximo se obtiene en abril con 631,1mm en promedio y el mínimo valor en agosto con 68mm.

Los valores mensuales están dentro del rango 1102 y 2.mm siendo el valor medio 284.mm.

Figura 16: Histograma de Precipitaciones anuales y mensuales



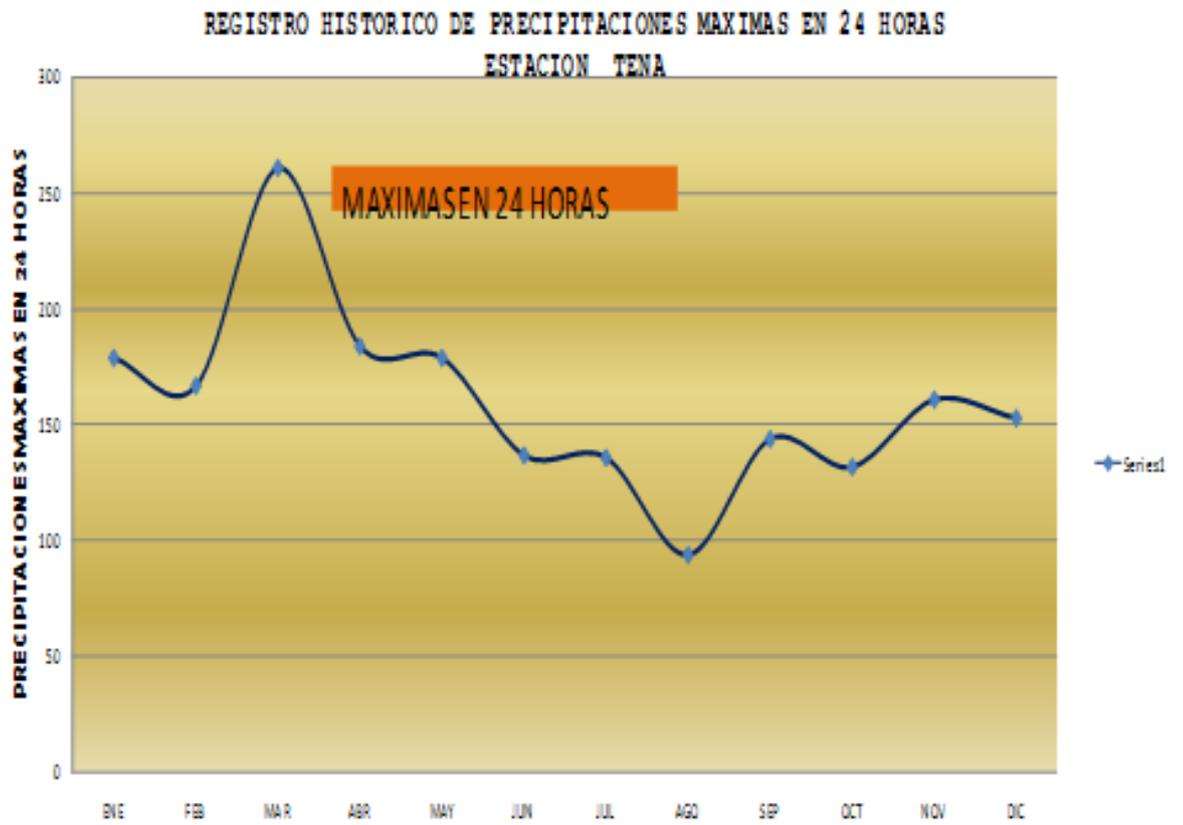
Fuente: INAMHI, Estación Meteorológica Tena

Tabla 21: Histograma Precipitaciones mensuales y anuales disponibles.

| PRECIPITACIONES MENSUALES Y ANUALES (mm) SEGÚN REGISTRO HISTÓRICO LA ESTACIÓN TENA (MO70) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------|--------------------|-------|--------|-------|-------|--------|
| LATITUD 00° 59' 5" S | | | | LONG 77° 48' 50" W | | | | ELEVACIÓN 665 msnm | | | | | |
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | SUMA |
| 1965 | 267,8 | 139,2 | 168,4 | 330,6 | 608,2 | 831,9 | 473,3 | 334,5 | 383,7 | 333,9 | 383,2 | 242,4 | 4497,1 |
| 1966 | 137,4 | 264,4 | 442,5 | 543,0 | 285,2 | 267,0 | 152,6 | 133,2 | 254,9 | 282,5 | 601,1 | 494,8 | 3858,6 |
| 1967 | 438,4 | 879,0 | 402,2 | 371,2 | 232,2 | 463,6 | 896,0 | 343,2 | 96,4 | 416,7 | 699,8 | 887,2 | 6125,9 |
| 1968 | 443,6 | 439,2 | 390,2 | 901,0 | 688,2 | 948,8 | 1347,8 | 805,2 | 569,4 | 1346,2 | 218,8 | 281,4 | 8379,8 |
| 1969 | 905,2 | 443,4 | 655,8 | 1103,6 | 750,2 | 854,0 | 1036,2 | 762,3 | 474,1 | 779,5 | 672,4 | 535,2 | 8971,9 |
| 1970 | 705,8 | 449,8 | 963,6 | 558,2 | 708,4 | 637,8 | 520,6 | 412,5 | 558,4 | 663,2 | 233,8 | 245,6 | 6657,7 |
| 1971 | 184,0 | 357,2 | 508,0 | 623,2 | 805,8 | 580,6 | 344,1 | 233,6 | 169,3 | 356,5 | 167,4 | 414,2 | 4743,9 |
| 1972 | 301,3 | 231,8 | 284,4 | 478,3 | 429,2 | 415,1 | 481,5 | 340,7 | 287,7 | 291,5 | 230,0 | 256,5 | 4028,0 |
| 1973 | 199,7 | 240,0 | 153,9 | 362,0 | 353,7 | 373,4 | 269,0 | 279,2 | 514,4 | 232,1 | 380,8 | 180,4 | 3538,6 |
| 1974 | 138,4 | 197,0 | 247,9 | 244,5 | 275,9 | 307,3 | 153,7 | 275,9 | 384,4 | 378,0 | 320,5 | 182,5 | 4497,1 |
| 1975 | 160,4 | 173,9 | 262,1 | 329,9 | 299,9 | 138,0 | 505,4 | 357,9 | 51,6 | 211,0 | 97,6 | 184,6 | 2772,2 |
| 1976 | 182,4 | 150,8 | 276,2 | 415,3 | 323,8 | 448,0 | 349,4 | 116,5 | 178,4 | 173,9 | 300,7 | 205,1 | 3120,5 |
| 1977 | 38,6 | 149,5 | 287,7 | 384,6 | 683,0 | 619,1 | 407,9 | 518,1 | 591,5 | 387,4 | 401,3 | 168,8 | 4637,5 |
| 1978 | 143,4 | 185,5 | 329,8 | 477,8 | 244,4 | 423,2 | 206,5 | 228,3 | 359,6 | 198,4 | 308,5 | 173,7 | 3279,1 |
| 1979 | 90,4 | 119,0 | 414,0 | 429,2 | 634,7 | 268,6 | 460,5 | 244,7 | 234,0 | 309,1 | 539,1 | 292,1 | 4035,4 |
| 1980 | 302,4 | 87,2 | 313,2 | 322,0 | 347,4 | 580,5 | 204,3 | 285,1 | 361,7 | 450,7 | 472,4 | 257,3 | 3984,2 |
| 1981 | 205,0 | 330,8 | 327,5 | 481,9 | 424,0 | 396,0 | 395,6 | 277,9 | 283,2 | 314,8 | 239,8 | 403,8 | 4080,3 |
| 1984 | 177,0 | 202,9 | 211,3 | 331,7 | 255,2 | 397,8 | 299,5 | 303,5 | 251,6 | 277,6 | 103,4 | 206,4 | 3017,8 |
| 1985 | 149,0 | 75,0 | 95,0 | 181,5 | 86,4 | 399,6 | 203,3 | 329,1 | 219,9 | 248,8 | 176,1 | 146,7 | 2310,3 |
| 1989 | 141,2 | 138,4 | 198,4 | 270,8 | 147,5 | 449,7 | 101,7 | 222,7 | 274,5 | 236,1 | 239,9 | 86,9 | 4497,1 |
| 1991 | 133,3 | 201,7 | 301,7 | 360,1 | 208,6 | 499,7 | 182,5 | 116,3 | 329,0 | 223,4 | 303,8 | 117,1 | 4497,1 |
| 1992 | 157,4 | 113,3 | 273,4 | 443,3 | 170,2 | 205,4 | 182,0 | 392,9 | 409,1 | 192,8 | 196,3 | 173,7 | 2909,8 |
| 1993 | 269,9 | 178,9 | 245,1 | 491,9 | 490,6 | 384,1 | 605,0 | 396,7 | 312,9 | 349,8 | 320,5 | 124,3 | 4169,7 |
| 1994 | 268,1 | 162,5 | 378,7 | 426,5 | 389,2 | 378,0 | 287,5 | 269,9 | 363,3 | 390,4 | 250,5 | 258,3 | 3822,9 |
| 1995 | 69,0 | 146,0 | 195,1 | 329,6 | 231,9 | 503,5 | 380,4 | 187,3 | 240,0 | 216,0 | 260,1 | 353,2 | 3112,1 |
| 1996 | 207,3 | 206,3 | 196,7 | 368,6 | 278,8 | 279,9 | 265,5 | 237,0 | 300,0 | 318,5 | 171,1 | 204,9 | 3034,6 |
| 1997 | 209,7 | 392,1 | 160,4 | 378,6 | 606,5 | 311,6 | 172,3 | 267,2 | 255,2 | 173,7 | 246,9 | 169,4 | 3343,6 |
| 1998 | 142,8 | 220,6 | 222,2 | 273,8 | 490,6 | 498,5 | 403,5 | 210,0 | 225,0 | 217,1 | 170,7 | 253,3 | 3328,1 |
| 1999 | 631,9 | 380,2 | 423,1 | 571,5 | 450,2 | 764,4 | 340,4 | 385,3 | 268,0 | 262,3 | 267,9 | 428,1 | 5173,3 |
| 2000 | 191,5 | 343,8 | 185,9 | 261,3 | 556,8 | 440,3 | 352,9 | 166,5 | 313,2 | 175,0 | 223,6 | 254,1 | 3464,9 |
| promedio | 255,2 | 250,2 | 321,7 | 440,8 | 410,3 | 469,8 | 253,1 | 253,1 | 317,3 | 352,8 | 309,5 | 273,4 | |
| maxima | 905,2 | 879,0 | 963,6 | 1103,6 | 805,8 | 948,8 | 905,2 | 905,2 | 591,5 | 1346,2 | 699,8 | 887,2 | |
| minima | 38,6 | 75,0 | 95,0 | 181,5 | 86,4 | 138,0 | 38,6 | 38,6 | 51,6 | 173,7 | 97,6 | 86,9 | |

Fuente: INAMHI, Estación Meteorológica Tena

Figura 17: Precipitaciones máximas en 24 horas.



Fuente: INAMHI, Estación Meteorológica Tena

Tabla 22: Precipitaciones máximas en 24h(mm)

| PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 h (mm) SEGÚN REGISTRO HISTÓRICO LA ESTACIÓN TENA (M070) | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
| 1975 | 52,5 | 69,3 | 138,6 | 123,9 | 62,0 | 29,4 | 5,3 | 7,4 | 8,4 | 14,7 | 8,4 | 29,4 | 138,6 |
| 1976 | 97,7 | 109,2 | 100,8 | 73,5 | 130,2 | 92,4 | 109,2 | 7,4 | 11,6 | 2,1 | 27,3 | 81,9 | 130,2 |
| 1977 | 79,8 | 120,8 | 161,7 | 133,4 | 25,2 | 56,7 | 13,7 | 5,3 | 20,0 | 8,4 | 2,1 | 66,2 | 161,7 |
| 1978 | 88,2 | 100,8 | 70,4 | 191,1 | 78,8 | 17,9 | 11,6 | 3,2 | 6,3 | 47,3 | 7,4 | 27,3 | 191,1 |
| 1979 | 63,0 | 88,2 | 52,5 | 51,5 | 56,7 | 63,0 | 7,4 | 49,4 | 43,1 | 3,2 | 1,1 | 23,1 | 88,2 |
| 1980 | 37,8 | 88,2 | 102,9 | 85,1 | 101,9 | 30,5 | 1,1 | 8,4 | 1,1 | 24,2 | 11,6 | 20,0 | 102,9 |
| 1981 | 106,1 | 97,7 | 274,1 | 51,5 | 4,2 | 3,2 | 28,4 | 51,5 | 20,0 | 6,3 | 9,5 | 64,1 | 274,1 |
| 1982 | 123,9 | 110,3 | 49,4 | 107,1 | 120,8 | 25,2 | 135,5 | 5,3 | 21,0 | 79,8 | 169,1 | 80,9 | 169,1 |
| 1983 | 113,4 | 173,3 | 225,8 | 135,5 | 74,6 | 143,9 | 73,5 | 98,7 | 91,4 | 31,5 | 29,4 | 29,4 | 225,8 |
| 1984 | 37,8 | 117,6 | 74,6 | 138,6 | 80,9 | 38,9 | 3,2 | 5,3 | 23,1 | 8,4 | 12,6 | 48,3 | 138,6 |
| 1985 | 54,6 | 68,3 | 95,6 | 66,2 | 58,8 | 83,0 | 7,4 | 9,5 | 37,8 | 2,1 | 6,3 | 42,0 | 95,6 |
| 1986 | 79,8 | 73,5 | 88,2 | 127,1 | 23,1 | 10,5 | 5,3 | 10,5 | 8,4 | 21,0 | 17,9 | 106,1 | 127,1 |
| 1987 | 132,3 | 175,4 | 109,2 | 88,2 | 55,7 | 11,6 | 1,1 | 54,6 | 8,4 | 13,7 | 20,0 | 69,3 | 175,4 |
| 1988 | 113,4 | 105,0 | 36,8 | 85,1 | 57,8 | 9,5 | 34,7 | 5,3 | 11,6 | 27,3 | 17,9 | 68,3 | 113,4 |
| 1989 | 63,0 | 65,1 | 53,6 | 101,9 | 85,1 | 42,0 | 10,5 | 2,1 | 7,4 | 37,8 | 21,0 | 38,9 | 101,9 |
| 1990 | 86,1 | 115,5 | 69,3 | 127,1 | 35,7 | 32,6 | 24,2 | 38,9 | 3,2 | 5,3 | 3,2 | 75,6 | 127,1 |
| 1991 | 188,0 | 111,3 | 55,7 | 52,5 | 42,0 | 30,5 | 7,4 | 24,2 | 4,2 | 9,5 | 13,7 | 38,9 | 188,0 |
| 1992 | 53,6 | 85,1 | 154,4 | 150,2 | 95,6 | 57,8 | 15,8 | 5,3 | 5,3 | 22,1 | 6,3 | 10,5 | 154,4 |
| 1993 | 147,0 | 113,4 | 121,8 | 193,2 | 92,4 | 32,6 | 50,4 | 5,3 | 21,0 | 3,2 | 23,1 | 67,2 | 193,2 |
| 1994 | 79,8 | 87,2 | 106,1 | 86,1 | 105,0 | 46,2 | 1,1 | 2,1 | 10,5 | 29,4 | 34,7 | 50,4 | 106,1 |
| 1995 | 122,9 | 168,0 | 102,9 | 121,8 | 63,0 | 28,4 | 14,7 | 10,5 | 4,2 | 57,8 | 3,2 | 160,7 | 168,0 |
| 1996 | 65,1 | 87,2 | 140,7 | 42,0 | 38,9 | 53,6 | 7,4 | 7,4 | 2,1 | 7,4 | 3,2 | 12,6 | 140,7 |
| 1997 | 59,9 | 119,7 | 114,5 | 158,6 | 89,3 | 126,0 | 142,8 | 89,3 | 151,2 | 138,6 | 131,3 | 133,4 | 158,6 |
| 1998 | 120,8 | 85,1 | 122,9 | 110,3 | 188,0 | 111,3 | 93,5 | 24,2 | 59,9 | 3,2 | 12,6 | 10,5 | 188,0 |
| Máx. | 188,0 | 175,4 | 274,1 | 193,2 | 188,0 | 143,9 | 142,8 | 98,7 | 151,2 | 138,6 | 169,1 | 160,7 | 274,1 |

Fuente: INAMHI, Estación Meteorológica Tena

El régimen hidrológico se caracteriza por ser pluvial y tiene un solo máximo y un solo mínimo (monodal). El valor máximo de caudal mensual se produce en marzo y el mínimo en septiembre.

El relieve es el factor fundamental que define a las características hidrológicas de la cuenca y la micro cuenca. La orientación geográfica expone y/o limita la circulación de las masas de aire cargadas de humedad.

Las precipitaciones disminuyen marcadamente de Occidente hacia el Oriente, es decir, desde la planicie y pie de la cordillera hacia arriba de las montañas.

La mayoría de los datos geomorfológicos se obtienen de la carta Puerto Misahuallí del IGM, en escala 1:50.000. Los registros meteorológicos se obtienen de la estación Tena operada por el INAMHI, la misma que se encuentra en las coordenadas $00^{\circ} 59' 05''$ Sur; $77^{\circ} 48' 50''$ W, y cuya elevación es de 665 msnm., su código es el 070 y fue instalada en 1965, el coeficiente de escurrimiento corresponde a $C = 0.34$

Al ser el área de estudio una pequeña proporción de toda la cuenca del río Napo la misma que se caracteriza por ser una gran cuenca receptora de descarga, debido a que la cantidad de precipitación anual se encuentra en el orden de los 3000 a 4000 mm y la cantidad de meses secos estimados se encuentra en el orden de 1, debido a la cantidad de precipitación es importante concebir que el diseño hidráulico de las alcantarillas debe considerar los valores de crecidas.

Se presentan las principales características físicas, valores indispensables para aplicar fórmulas de caudal de sedimentos, entre ellos el área de drenaje, la pendiente, el tiempo de concentración, etc.

Se presentan 1 micro cuenca, para el sistema de drenaje, cuya área se encuentra en el orden de 1.248 km², un perímetro de 5.40 Km, la zona presenta una temperatura promedio de 22 a 24 °C, y las pendientes del terreno varía de 0-5 % en la zona cercana a la población de Ahuano y de 25-50% en la zona comprendida al paso de la gabarra, *Anexo 2*.

En el campo se comprueba el funcionamiento y el estado actual de las obras de drenaje menor, como operan ante el arrastre de fondo y flotante y en

caso de falla o de cambio del eje de la vía, se observa en el campo que la totalidad de alcantarillas no tiene cabezales, es decir, obras de regulación y/o protección a la entrada y salida de alcantarilla, otras han sido mal implantadas.

Tratándose de cuencas muy pequeñas para el cálculo de caudal a evacuarse se utiliza la formula racional.

$$Q = \frac{CIA}{0,36}$$

3.3 Estudio de Suelos

Con la elaboración del estudio de suelos se pretende diseñar los espesores óptimos de la estructura vial correspondiente a la Vía “Ahuano (la Punta)”, proporcionando dos alternativas de diseño (para 10 años y para 20 años).

Entre las principales elevaciones de esta provincia se encuentran el volcán Antisana, Cerro Quilindaña, Cerro Negro, Cerro Pan de Azúcar, volcán Sumaco (en los límites provinciales con Orellana). La cordillera de los Guacamayos también destaca en la provincia, que incluye parte de los Parques Nacionales de Sumaco Galeras, Cayambe Coca, Llanganates y otros.

Hidrográficamente se destacan los siguientes ríos a nivel provincial: Quijos, Napo, Tena, Chalupas, Mulatos, Cosanga, Puni, Payamino, Oyacachi, Hollín Grande y Jatunyacu, siendo el de mayor importancia para la parroquia de Ahuano, el Río Napo, en cuyas riberas se encuentra asentada.

La temperatura promedio de la zona es de 25 grados centígrados y las lluvias son persistentes entre los meses de mayo a septiembre, lo cual origina mucha evaporación, tornando al clima tropical bastante húmedo.

3.3.1 Trabajos de campo

Los trabajos fueron realizados en el periodo comprendido entre el jueves 16 de abril al domingo 19 de abril del presente año y consistieron en la ejecución de las actividades a continuación descritas:

- Para determinar el TPDA (tráfico promedio diario anual), se ha realizado el conteo clasificado del tráfico que transita sobre la vía, de acuerdo a las especificaciones establecidas por el MTOP
- Para evaluar el suelo de la sub rasante se ha realizado calicatas distribuidas en sitios estratégicos y convenientes, ejecutando al mismo tiempo:
- Ensayos (DCP), penetración del Cono Dinámico para determinar el CBR de Campo.
- Recolección de la muestra de suelo de la sub rasante entre 0.50, 1.00 y a 1.50 metros de profundidad, con fines de realizar Ensayos de Clasificación AASHTO.

Adicionalmente con fines de calificar el material de la mina más cercana al sitio, se tomaron muestras en el sitio.

3.3.2 Trabajos de laboratorio

Con las muestras obtenidas en el campo, desde la cuchara partida, y posteriormente trasladadas al laboratorio, se realizaron los siguientes Ensayos:

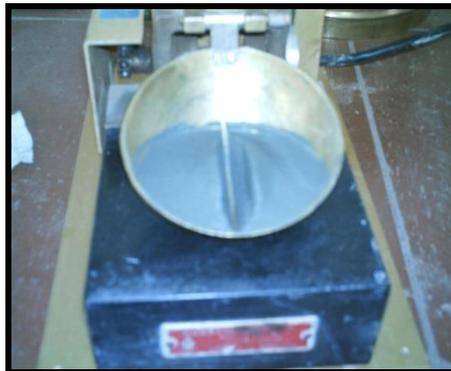
- Contenido de Humedad Natural (Norma ASTM D 2216 – 98), este ensayo permite determinar la cantidad de agua natural que tiene el suelo expresada como porcentaje en relación a la masa seca del suelo.



- Granulometría por Lavado y Tamizado hasta la Malla No.200, (Norma ASTM D 422 – 02), este ensayo cubre la separación en tamaños de partículas por medio de un tamizado.



- Límite Líquido (conocido también como uno de los Límites de Atterberg), el mismo que se encuentra establecido en la (Norma ASTM D 4318 – 04), y que permite determinar el valor de Índice de Plasticidad, parámetro importante en el reconocimiento entre un limo y una arcilla.



- Límite Plástico (conocido también como uno de los Límites de Atterberg), el mismo que se encuentra establecido en la (Norma ASTM D 4318 – 04), y que permite determinar al igual que el anterior el Índice de Plasticidad, por diferencia entre los dos ($IP=LL-LP$).



- Clasificación de suelos AASHTO Norma ASTM D 2487 - 00, esta práctica cubre todos los ensayos anteriores para llegar a identificar a un determinado tipo de suelo por medio de un símbolo.



3.3.2.1 Resumen de los datos obtenidos en el laboratorio

HOJA DE RESUMEN DE CLASIFICACION AASHTO

| ABSCISA | PROFUNDIDAD (m) | SITUACION | HUMEDAD (%) | GRANULOMETRIA (%QUE PASA) | | | | LIMITE LIQUIDO (%) | LIMITE PLASTICO (%) | INDICE DE PLASTICIDAD (%) | INDICE DE GRUPO | CLASIF. AASHTO | DESCRIPCION DEL SUELO |
|----------------|-----------------|-----------|-------------|---------------------------|-----|----|-----|--------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|----------------|---|
| | | | | 4 | 10 | 40 | 200 | | | | | | |
| D.C.P.1 | | | | | | | | | | | | | |
| 0+000 | 0,5 | | 9 | 84 | 50 | 30 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | A-1 | SUELO ARENA LIMOSA CON GRAVA, COLOR GRIS (NATURAL) |
| | 1,0 | | 17 | 100 | 100 | 99 | 86 | 39 | 14 | 25 | 21 | A-6 | SUELO ARCILLA MAGRA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, CON PRESENCIA DE OXIDACIONES ROJAS (NATURAL) |
| | 1,5 | | 17 | 100 | 100 | 99 | 88 | 36 | 17 | 19 | 16 | A-6 | SUELO ARCILLA MAGRA ARENOSA, COLOR VERDE (NATURAL) |
| D.C.P.2 | | | | | | | | | | | | | |
| 0+500 | 0,5 | | 19 | 86 | 71 | 54 | 41 | 0 | 0 | 0 | 1 | A-4 | SUELO ARENA LIMOSA CON ALGO DE GRAVA, COLOR ANARANJADO (NATURAL) |
| | 1,0 | | 20 | 92 | 85 | 66 | 53 | 0 | 0 | 0 | 4 | A-4 | SUELO LIMO ARENOSO CON ALGO DE GRAVA, COLOR ANARANJADO (NATURAL) |
| D.C.P.3 | | | | | | | | | | | | | |
| 1+000 | 0,5 | | 38 | 100 | 99 | 95 | 80 | 72 | 37 | 35 | 32 | A-7-5 | SUELO LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR CAFÉ OSCURO, CON PRESENCIA DE GRUMOS ROJOS (NATURAL) |
| | 1,0 | | 35 | 100 | 100 | 96 | 77 | 70 | 41 | 29 | 26 | A-7-5 | SUELO LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR ROJO, CON PRESENCIA DE GRUMOS COLOR GRIS (NATURAL) |
| | 1,5 | | 35 | 97 | 94 | 75 | 64 | 63 | 38 | 25 | 16 | A-7-5 | SUELO LIMO ELÁSTICO ARENOSO CON ALGO DE GRAVA, COLOR ROJO (NATURAL) |
| D.C.P.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 1+500 | 0,5 | | 61 | 100 | 100 | 99 | 92 | 90 | 59 | 31 | 42 | A-7-5 | SUELO LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR CAFÉ OSCURO (NATURAL) |
| | 1,0 | | 60 | 100 | 100 | 99 | 91 | 88 | 62 | 26 | 37 | A-7-5 | SUELO LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR CAFÉ OSCURO (NATURAL) |
| | 1,5 | | 56 | 100 | 99 | 98 | 87 | 71 | 55 | 16 | 23 | A-7-5 | SUELO LIMO ELÁSTICO ARENOSO, COLOR CAFÉ OSCURO (NATURAL) |

| ABSCISA | CBR DE CAMPO | CBR DE LABORATORIO | TRAMO | PERCENTIL 85% | CBR DE DISEÑO % |
|---------|--------------|--------------------|-------|---------------|-----------------|
| 0+000 | 9,62 | | I | 4,25 | 4,25 |
| 0+500 | 5,75 | | | | |
| 1+000 | 4,36 | | | | |
| 1+500 | 4,08 | | | | |

CALCULO DEL PERCENTIL 85

| ABSCISA | ORDINAL | CBR | CBR | % ACUMULADO | PERCENTIL 85 |
|---------|---------|------|------|-------------|--------------|
| 0+000 | 1 | 9,62 | 9,62 | 25,0 | 4,25 |
| 0+500 | 2 | 5,75 | 5,75 | 50,0 | |
| 1+000 | 3 | 4,36 | 4,36 | 75,0 | |
| 1+500 | 4 | 4,08 | 4,08 | 100,0 | |

CBR DE DISEÑO = 4,25 %

CALCULO DEL MODULO RESILIENTE:

| | | |
|-----|------|--------|
| MR: | 6372 | PSI |
| MR: | 448 | Kg/cm2 |

3.4 Evaluación del impacto social económico ambiental

Hay que considerar que el desarrollo de cualquier comunidad, población o país; depende en gran medida de las Vías de Comunicación con que se cuenta, no podemos perder de vista que el desarrollo depende de la infraestructura y para contar con ella es indispensable tener vías terrestres de comunicación que permitan el desarrollo de las mismas.

Nuestro País tiene una gran cantidad de carreteras principales, caminos vecinales, que al estar en mal estado o colapsar dejan incomunicadas a Poblaciones y se originan problemas económicos y de tipo social.

La evaluación del impacto ambiental es un procedimiento de carácter preventivo, orientado a dar a conocer acerca de los efectos que pueden generarse con su construcción.

El estudio permitirá establecer propuestas de acciones de protección al ambiente y de corrección o mitigación de las alteraciones que pudieran producirse después de la puesta en operación del proyecto en estudio y colateralmente, preservar la salud y el bienestar del hombre, todo ello llevado a escenarios de largo plazo.

Los principales beneficiarios con la ejecución de este proyecto son las personas que viven en el sector así como las que se encuentran en el área de influencia del proyecto y que a diario necesitan transitar por la vía.

Por esta razón es importante tomar en cuenta las medidas de mitigación a fin de contrarrestar los posibles daños que pudieran ocasionarse.

De esta manera se generarán fuentes de trabajo para los habitantes del sector con ello mejorara su calidad de vida, además el impacto social y económico que la construcción acertada de la vía generará.

3.5.- Tráfico promedio diario anual

Los volúmenes de tráfico se obtuvieron realizando conteos volumétricos manuales durante 7 días, para el presente estudio los conteos volumétricos se realizaron los días Jueves, Viernes, Sábado, Domingo, Lunes, Martes y Miércoles. Los resultados obtenidos se muestran más adelante.

Para realizar el conteo manual se ubicó una estación con personal debidamente entrenado para estas actividades, en Punta de Ahuano para registrar los vehículos que viajan de Punta de Ahuano hacia Ahuano y viceversa. Los datos se registraron en formularios y se anotó el paso de los

vehículos frente al observador, clasificándolos en sus diversas categorías. Todos los caseríos a los que sirve están cercanos a la carretera. No hay desviaciones a otros puntos.

En el estudio de tráfico es importante conocer el tamaño y peso de los vehículos. , para la determinación de las características por tipo de vehículos, la clasificación ha quedado establecida así:

- a) livianos
- b) buses
- c) pesados (camiones 2 ejes)
- d) extra pesados (camiones 3 ejes o más)

Donde las características de cada uno se describen a continuación.

Livianos.- Están constituidos por automóviles, jeep, camionetas y todo vehículo que no tenga doble llanta en su eje trasero.

Buses.- Están constituidos por todo tipo de vehículo destinado al transporte de pasajeros.

Pesados.- Están constituidos por todos los vehículos destinados al transporte de carga que tengan doble llanta en el eje trasero. (C2)

Extra pesados.- Están constituidos por los vehículos destinados al transporte de carga que tengan doble eje trasero (C3), además se incluyen en este grupo los semi trailers: C2S2, C2S3 y C3S3 (cabecales con su remolque) y los tráileres.

Del conteo de tráfico se determinó el % correspondiente a cada uno de los vehículos registrados en el conteo.

Para el diseño de la vía determinamos un periodo de 20 años, considerando los diferentes factores que inciden en el crecimiento del tráfico donde incluimos el crecimiento normal, el tráfico generado y el tráfico por desarrollo.

Adicionalmente se hizo un estudio de la tasa de crecimiento de tráfico en base a variables específicas como son:

Proyección demográfica

Tasa provincial de motorización

Consumo de combustible

Expectativas de crecimiento del país

METODOLOGÍA DE CÁLCULO (AASHTO 93)

Entre los días 16 de Abril a 22 de Abril del presente año (2015), se realizó el conteo de tráfico clasificado en la estación ubicada en el Río Napo, en la abscisa 0+000.

A continuación se presenta el primer cuadro de conteo, como punto de partida para el Análisis:

Tabla 23: Resumen del conteo de tráfico

| FECHA DEL CONTEO | DIA | DIRECCION | ESTACION | ABSCISA | VEHICULOS LIVIANOS | BUSES 2 EJES | CAMIONES 2 EJES | CAIONES 3 EJES O MAS |
|------------------|-----------|-------------------------------------|----------|---------|--------------------|--------------|-----------------|----------------------|
| 16-abr | jueves | RN-AH | RIO NAPO | 0+000 | 25 | 1 | 25 | 0 |
| 16-abr | jueves | AH-RN | RIO NAPO | 0+000 | 25 | 1 | 22 | 0 |
| 17-abr | viernes | RN-AH | RIO NAPO | 0+000 | 27 | 1 | 24 | 0 |
| 17-abr | viernes | AH-RN | RIO NAPO | 0+000 | 25 | 1 | 22 | 0 |
| 18-abr | sabado | RN-AH | RIO NAPO | 0+000 | 30 | 1 | 14 | 0 |
| 18-abr | sabado | AH-RN | RIO NAPO | 0+000 | 28 | 1 | 19 | 0 |
| 19-abr | domingo | RN-AH | RIO NAPO | 0+000 | 32 | 1 | 17 | 0 |
| 19-abr | domingo | AH-RN | RIO NAPO | 0+000 | 29 | 1 | 12 | 0 |
| 20-abr | lunes | RN-AH | RIO NAPO | 0+000 | 26 | 1 | 28 | 0 |
| 20-abr | lunes | AH-RN | RIO NAPO | 0+000 | 24 | 1 | 21 | 0 |
| 21-abr | martes | RN-AH | RIO NAPO | 0+000 | 25 | 1 | 26 | 0 |
| 21-abr | martes | AH-RN | RIO NAPO | 0+000 | 23 | 1 | 20 | 0 |
| 22-abr | miercoles | RN-AH | RIO NAPO | 0+000 | 26 | 1 | 25 | 0 |
| 22-abr | miercoles | AH-RN | RIO NAPO | 0+000 | 24 | 1 | 18 | 0 |
| | | RN-AH = DIRECCIÒN RIO NAPO - AHUANO | | | | | | |
| | | AH-RN = DIRECCIÒN AHUANO - RIO NAPO | | | | | | |

Fuente: Propia

Los volúmenes obtenidos del conteo diario de tráfico muestran para el día lunes (101 vehículos), una elevación respecto a los otros días, que obedece al carácter estacional de la vía.

Con esta información se procedió a realizar el cálculo para obtener el Tráfico promedio diario anual (TPDA), tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 24: Resumen del Cálculo del TPDA

| DIA | DIRECCION | Estación | Abscisa | Vehículos Livianos | Buses 2 Ejes | Camiones 2 Ejes | Camiones 3 Ejes o mas | TOTALES |
|-----------|-----------|----------|---------|--------------------|--------------|-----------------|-----------------------|---------|
| Jueves | RN - AH | RIO NAPO | 0+000 | 25 | 1 | 25 | 0 | 97 |
| Jueves | AH - RN | RIO NAPO | 0+000 | 25 | 1 | 22 | 0 | |
| Viernes | RN - AH | RIO NAPO | 0+000 | 27 | 1 | 24 | 0 | |
| Viernes | AH - RN | RIO NAPO | 0+000 | 25 | 1 | 22 | 0 | |
| Sábado | RN - AH | RIO NAPO | 0+000 | 30 | 1 | 14 | 0 | |
| Sábado | AH - RN | RIO NAPO | 0+000 | 28 | 1 | 19 | 0 | |
| Domingo | RN - AH | RIO NAPO | 0+000 | 32 | 1 | 17 | 0 | |
| Domingo | AH - RN | RIO NAPO | 0+000 | 29 | 1 | 12 | 0 | |
| Lunes | RN - AH | RIO NAPO | 0+000 | 26 | 1 | 28 | 0 | |
| Lunes | AH - RN | RIO NAPO | 0+000 | 24 | 1 | 21 | 0 | |
| Martes | RN - AH | RIO NAPO | 0+000 | 25 | 1 | 26 | 0 | |
| Martes | AH - RN | RIO NAPO | 0+000 | 23 | 1 | 20 | 0 | |
| Miércoles | RN - AH | RIO NAPO | 0+000 | 26 | 1 | 25 | 0 | |
| Miércoles | AH - RN | RIO NAPO | 0+000 | 24 | 1 | 18 | 0 | |
| SUMA | | | | 369 | 14 | 293 | 0 | |
| PROMEDIO | | | | 52,71 | 2,00 | 41,86 | 0,00 | |
| % | | | | 54,59 | 2,07 | 43,34 | 0,00 | |

Fuente: Propia Santiago Cevallos

$$TPDA = \frac{\text{Total de vehículos}}{\text{tiempo}}$$

$$TPDA = \frac{369 + 14 + 293}{7}$$

$$TPDA = 97$$

El TPDA actual es de 97 vehículos y la proyección a 10 y 20 año se la realiza con la siguiente ecuación:

$$Tf = TPDA(1 + i)^n$$

Dónde:

Tf = Tráfico futuro

Ti= TPDA = Es el tráfico actual promedio contabilizado y procesado

i= es la Tasa de crecimiento en porcentaje, adoptada referencialmente a pequeñas encuestas como un 4%.

n= número de años a los cuales se proyectará el trafico actual (10 y 20 años)

Entonces se obtuvo:

$$Tf = 97(1 + 0,04)^{10}$$

$$Tf = 143 \text{ Vehículos /día (para 10 años)}$$

$$Tf = 97(1 + 0,04)^{20}$$

$$Tf = 212 \text{ Vehículos /día (para 20 años)}$$

En relación a los porcentajes actuales de vehículos en el 2035 se tendrá las siguientes cantidades de vehículos:

Para 20 años:

| | | |
|-----------------------|-----|---------------|
| Vehículos Livianos | 116 | VEHICULOS DÍA |
| Buses 2 Ejes | 4 | VEHICULOS DÍA |
| Camiones 2 Ejes | 92 | VEHICULOS DÍA |
| Camiones 3 Ejes o mas | 0 | VEHICULOS DÍA |

Para 10 años:

| | | |
|-----------------------|----|---------------|
| Vehículos Livianos | 78 | VEHICULOS DÍA |
| Buses 2 Ejes | 3 | VEHICULOS DÍA |
| Camiones 2 Ejes | 62 | VEHICULOS DÍA |
| Camiones 3 Ejes o mas | 0 | VEHICULOS DÍA |

Con el tráfico futuro se realizará la conversión a ejes equivalentes de 8.2 Toneladas, considerando los siguientes factores propuestos por el AASHTO.

F_c = Factor Camión, es una transformación de cualquier eje de vehículo aun eje en particular que causaría el mayor daño al pavimento.

El pavimento es calificado entre 0 (para pavimentos en pésimas condiciones) y 5 (para pavimentos en perfecto estado). La serviciabilidad final o terminal (Pt) va en función de la categoría de la carretera y se basa en el índice más bajo que pueda ser tolerado antes de que sea necesario efectuar una rehabilitación o una reconstrucción, los valores que recomienda la Guía AASHTO son:

- Serviciabilidad inicial:

$P_o = 4,2$ para pavimentos flexibles

- Serviciabilidad final:

$P_t = 2,5$ ó más para caminos principales

Para el diseño de pavimento flexible en nuestro caso se adopta un valor de serviciabilidad final $P_t = 2,5$.

En el pavimento circulan diferentes tipos de vehículos que transmiten diversos tipos de carga, por lo que para su diseño, es necesario transformarlos a un solo tipo denominado estándar.

Los factores de equivalencia de carga dependen de varios factores siendo los más importantes el tipo de eje, su peso total y el número estructural, pudiéndose utilizar para su determinación la siguiente expresión.

$$LEF = (P / A)^{4.3}$$

En donde:

LEF es el factor equivalente de carga

P es la carga por eje de cada vehículo analizado en toneladas

A es la carga por eje de los ejes estándares

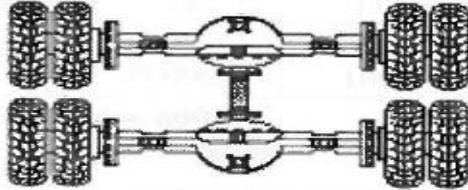
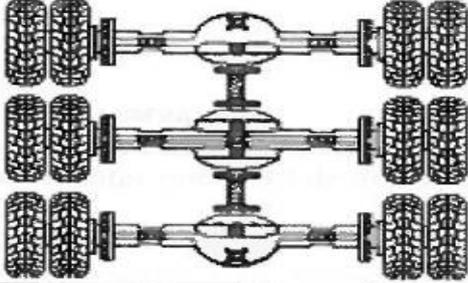
Los valores de A se ha establecido que pueden valer:

Si A = 8,16T, entonces es un eje simple

Si A = 15,2T, entonces es un eje tándem (eje doble eje con llantas dual)

Si A = 22,0T, entonces es un eje tridem (eje triple con llantas dual)

Figura 18: Clasificación de los ejes vehiculares

| | |
|---|---|
| <p><i>Eje sencillo con llantas simples</i> 5.50T</p> |  |
| <p><i>Eje sencillo con llantas dobles</i> 8.16T</p> |  |
| <p><i>Eje tandem (doble) con llantas dual</i> 15.20T</p> |  |
| <p><i>Eje tridem (triple) con llantas dual</i> 22.00T</p> |  |

Fuente: Manual de Pavimentos de Milton Torres

Clasificación de los ejes vehiculares

LEF = Factor de carga equivalente, que permite transformar cualquier tipo de eje a un eje equivalente de 8.2 Toneladas, considerando el tipo de pavimento, serviciabilidad final (2.5) y número estructural adoptado para la vía (SN = 4.0), al ser una vía de quinto orden al tener un TPDA de 97, según la clasificación de Carreteras según el MOP, por las condiciones que presenta ya que forma parte de la red vial que une la ciudad de Tena con las distintas cabeceras cantonales y parroquiales.

Tabla 25: Clasificación de Carreteras según el MOP

| FUNCION | CATEGORÍA DE LA VÍA | | TPDA Esperado |
|-------------------|---------------------|------------|---------------|
| Corredor Arterial | R - I o R - II | (Tipo) | >8000 |
| | I | todos | 3000 - 8000 |
| | II | todos | 1000 - 3000 |
| Colectora | III | todos | 300 - 1000 |
| | IV | 5,5E,6 y 7 | 100 - 300 |
| Vecinal | V | 4 y 4E | <100 |

Fuente: Guía para diseño de pavimentos, Método AASHTO 93.

Nota: De acuerdo al nivel de servicio aceptable al final de la vida útil

De igual manera utilizando la fórmula

$$Esals = 365 * TPDA_o * LEF * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{Ln(1+i)} \right] * \frac{A}{100} * \frac{B}{100}$$

Esals = número de ejes equivalentes

TPDA(10-20) = Tráfico Promedio Diario Anual proyectado a 10 y 20 años

n = periodo de diseño (años)

r = Tasa de crecimiento vehicular

A = Porcentaje estimado de vehículos pesados (buses y camiones)

B = Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño, (tabla de repartición de tránsito).

Tabla 26: Repartición de tránsito

| NUMERO DE CARRILES | PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS EN EL CARRIL DE DISEÑO |
|---------------------------|---|
| 2 | 50 |
| 4 | 45 |
| 6 o mas | 40 |

Fuente: Guía para pavimentos Método AASHTO

Para determinar el número de ejes equivalentes para pavimento flexible, según el método AASHTO 93.

CALCULO DEL (FACTOR CAMION)

| TIPO DE VEHICULO | TPDA | EJE | TIPO DE EJE | PESO KN/EJE (MOP) | PESO T/EJE (MOP) | N° DE EJES | LEF (FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE) | N° DE ESALS |
|-------------------------|------|-----------|-------------|-------------------|------------------|------------|-----------------------------------|-------------|
| Vehículos Livianos | 53 | Delantero | SIMPLE | 9,81 | 1 | 53 | 0,0004 | 0,021 |
| | | Posterior | | 24,53 | 2,5 | 133 | 0,008 | 1,060 |
| Buses 2 Ejes | 2,00 | Delantero | SIMPLE | 14,72 | 1,5 | 3 | 0,0039 | 0,012 |
| | | Posterior | | 34,34 | 3,5 | 7 | 0,026 | 0,182 |
| Camiones 2 Ejes | 42 | Delantero | SIMPLE | 53,96 | 5,5 | 231 | 0,188 | 43,428 |
| | | Poserior | | 107,91 | 11 | 462 | 3,46 | 1598,520 |
| Camiones 3 Ejes o mas | 0 | Delantero | SIMPLE | 53,96 | 5,5 | 0 | 0,188 | 0,000 |
| | | Medio | SIMPLE | 107,91 | 11 | 0 | 3,46 | 0,000 |
| | | Posterior | TAMDEM | 186,39 | 19 | 0 | 2,56 | 0,000 |
| Promedio | | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | 889 | | 1643 |
| EQUIVALENTE EN CAMIONES | | | | | | 694 | | |
| | | | | | Fc | | 2,37 | |

Pt (Servicialidad Final) = 2,5

Factor de Crecimiento (GF)

$$GF = ((1 + i)^n - 1) / i$$

$$GF = ((1 + 0,04)^{20} - 1) / 0,04$$

$$GF = 29,78$$

Finalmente el número de Esals o ejes equivalentes para el diseño

FACTOR DE CRECIMIENTO 29,78 Tasa de crecimiento (i) 4 %
 Periodo de Análisis 20 años
 SN (Numero Estructural) 4

| TIPO DE VEHICULO | TPDA FUTURO (A 20 AÑOS) | EJE | TIPO DE EJE | NUMERO DE EJES | PESO KN/EJE (MOP) | PESO T/EJE (MOP) | FACTOR CAMION | FACTOR DE DIST POR CARRIL | Esals |
|-----------------------|-------------------------|-----------|-------------|----------------|-------------------|------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------|
| Vehículos Livianos | 116 | Delantero | SIMPLE | 1 | 9,81 | 1 | 2,37 | 0,5 | 595 |
| | | Posterior | | 1 | 24,53 | 2,5 | | 0,5 | 11902 |
| Buses 2 Ejes | 4 | Delantero | SIMPLE | 1 | 14,72 | 1,5 | 2,37 | 0,5 | 220 |
| | | Posterior | | 1 | 34,34 | 3,5 | | 0,5 | 1467 |
| Camiones 2 Ejes | 92 | Delantero | SIMPLE | 1 | 53,96 | 5,5 | 2,37 | 0,5 | 222060 |
| | | Poserior | | 1 | 107,91 | 11 | | 0,5 | 4086847 |
| Camiones 3 Ejes o mas | 0 | Delantero | SIMPLE | 1 | 53,96 | 5,5 | 2,37 | 0,5 | 0 |
| | | Medio | SIMPLE | 1 | 107,91 | 11 | | 0,5 | 0 |
| | | Posterior | TAMDEM | 2 | 186,39 | 19 | | 0,5 | 0 |
| | | | | | | | Esals Diseño (8.2 T) | | 4323091 |

Esals de diseño = 4 323 091 ejes equivalentes de 8.2 toneladas para 20 años

$$GF = ((1 + 0,04)^{10} - 1) / 0,04$$

$$GF = 12,01$$

FACTOR DE CRECIMIENTO 12,01

Tasa de crecimiento (i) 4 %

Periodo de Análisis 10 años

SN (Numero Estructural) 4

| TIPO DE VEHICULO | TPDA FUTURO (A 20 AÑOS) | EJE | TIPO DE EJE | NUMERO DE EJES | PESO KN/EJE (MOP) | PESO T/EJE (MOP) | FACTOR CAMION | FACTOR DE DIST POR CARRIL | Esals |
|-----------------------|-------------------------|-----------|-------------|----------------|-------------------|------------------|-----------------------------|---------------------------|---------|
| Vehículos Livianos | 78 | Delantero | SIMPLE | 1 | 9,81 | 1 | 2,37 | 0,5 | 162 |
| | | Posterior | | 1 | 24,53 | 2,5 | | 0,5 | 3242 |
| Buses 2 Ejes | 3 | Delantero | SIMPLE | 1 | 14,72 | 1,5 | 2,37 | 0,5 | 60 |
| | | Posterior | | 1 | 34,34 | 3,5 | | 0,5 | 400 |
| Camiones 2 Ejes | 62 | Delantero | SIMPLE | 1 | 53,96 | 5,5 | 2,37 | 0,5 | 60484 |
| | | Poserior | | 1 | 107,91 | 11 | | 0,5 | 1113167 |
| Camiones 3 Ejes o mas | 0 | Delantero | SIMPLE | 1 | 53,96 | 5,5 | 2,37 | 0,5 | 0 |
| | | Medio | SIMPLE | 1 | 107,91 | 11 | | 0,5 | 0 |
| | | Posterior | TAMDEM | 2 | 186,39 | 19 | | 0,5 | 0 |
| | | | | | | | Esals Diseño (8.2 T) | 1177515 | |

Esals de diseño = 1 177 515 ejes equivalentes de 8.2 toneladas para 10 años

Del estudio de tráfico se han obtenido los siguientes datos:

Vehículos livianos: 54.59 %

Buses dos ejes: 2.07 %

Camiones dos ejes: 43.34 %

TPDA actual (2015): 97 vehículos

TPDA (2025): 143 vehículos

TPDA (2035): 212 vehículos

3.6.- Determinación de parámetros de diseño

3.6.1 Velocidad de diseño

Los estudios de velocidad en un camino ya existente, se realizan para estimar la distribución de la velocidad de vehículos en el flujo vehicular y en un lugar específico de la carretera

De este cuadro podemos determinar la velocidad de diseño recomendada por el MOP, la misma que está en función del TPDA que para efectos de nuestra vía es 97.

Tabla 27: Velocidades de diseño del MTOP según la clasificación de la vía en km/h

| CLASE DE CARRRETERA | Valor Recomendable | | | Valor Absoluto (Valor Limite) | | |
|-----------------------------|--------------------|-----|----|-------------------------------|----|----|
| | L | O | M | L | O | M |
| R-I o RII mas de 8000 TPDA* | 120 | 110 | 90 | 110 | 90 | 80 |
| I 3000 a 8000 TPDA* | 110 | 100 | 80 | 100 | 80 | 70 |
| II 1000 a 3000 TPDA* | 110 | 100 | 80 | 100 | 80 | 60 |
| III 300 a 1000 TPDA* | 100 | 80 | 60 | 90 | 70 | 50 |
| IV 100 a 300 TPDA* | 90 | 70 | 60 | 80 | 60 | 40 |
| V Menos de 100 TPDA* | 70 | 60 | 50 | 50 | 40 | 40 |

Fuente: Reglamento MOTP - 2002

El TPDA indicado es el volumen del tráfico promedio diario anual proyectado a 10 y 20 años.

L – Terreno Llano

O - Terreno Ondulado

M - Terreno Montañoso

3.6.2 Ancho de capa de rodadura

Tabla 28: Anchos de la capa de rodadura

| Tipo de carretera | Anchos de | | | | |
|-------------------|-----------------|-------------|------------------|-----|-----------------------------|
| | Corona (m) | Calzada (m) | Acotamientos (m) | | Faja separadora central (m) |
| V | 4 | 4 | -- | | -- |
| IV | 6 | 6 | -- | | -- |
| III | 7 | 6 | 0.5 | | -- |
| II | 9 | 7 | 1 | | -- |
| I | 12 | 7 | 2.5 | | -- |
| RI | 22.00 mínimo | 2 x 7.00 | EXT | INT | 1.00 mínimo |
| | | | 3 | 0.5 | |
| RII | 2 x 11.00 | 2 x 7.00 | 3 | 1 | 8.00 mínimo |

Fuente: Reglamento MOTP - 2002

El ancho de vía mínimo es de 4m, para efectos de diseño asumimos un ancho de 4,4m.

3.6.3 Radio mínimo y ensanchamiento mínimo

Tabla 29: Radio de diseño del MTOP según la clasificación de la vía

| CLASE DE CARRETERA | | VALOR RECOMENDABLE | | | VALOR ABSOLUTO | | |
|--------------------|-------------------|--------------------|-----|-----|----------------|-----|-----|
| | | L | O | M | L | O | M |
| R-I ó R-II | Más de 8000 TPDA | 530 | 435 | 275 | 435 | 275 | 210 |
| I | 3000 a 8000 TPDA | 435 | 350 | 210 | 350 | 210 | 160 |
| II | 1000 a 3000 TPDA | 435 | 350 | 210 | 350 | 210 | 115 |
| III | 300 a 1000 TPDA | 350 | 210 | 115 | 275 | 160 | 80 |
| IV | 100 a 300 TPDA | 275 | 160 | 115 | 210 | 115 | 60 |
| V | Menos de 100 TPDA | 160 | 115 | 80 | 80 | 50 | 50 |

Fuente: Reglamento MOTP - 2002

L – Terreno Llano

O - Terreno Ondulado

M - Terreno Montañoso

De este cuadro podemos determinar el radio mínimo de diseño en función del TPDA que para efectos de nuestra vía es 97.

Radio mínimo adoptado = 50 m

Ensanchamiento

L = ancho libre entre vehículos:

6,00 → 0,60

6,50 → 0,70

6,70 → 0,75

7,30 → 0,90

F= ancho adicional para la parte de la carrocería que sobresale a un lado de la llanta

Z= ancho adicional para la maniobra del vehículo (seguridad).

Ensanchamiento adoptado $E_{min} = 0.60$ m

3.6.4 Peralte y sobre anchos

Tabla 30: Cálculo de peralte y sobre anchos

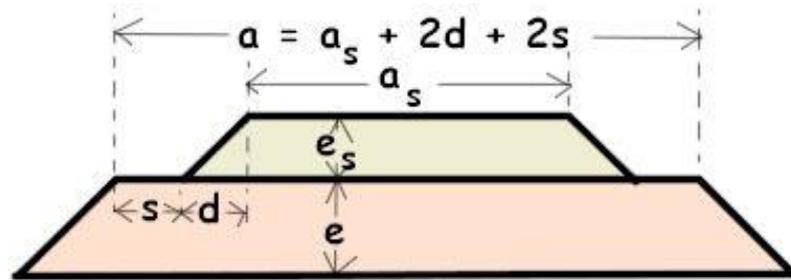
| Nº. | ABSCISAS PI (m) | e_{max} | a | a/2 | VELOCIDAD | BOMBEO | SOBREANCHO | LONG. DESARROLLO | DIF NIVEL MAX |
|-----|-----------------------|-----------|------|------|-----------------|--------|------------|------------------|---------------|
| | | | | | DE DISEÑO Vd | p | E_{min} | L (m) | (m) |
| 0 | 0+000.00 | | | | | | | | |
| 1 | 0+038.91 | 10 | 4.40 | 2.20 | 40.00 | 2.00 | 0.60 | 11.00 | 0.22 |
| 2 | 0+082.80 | 10 | 4.40 | 2.20 | 40.00 | 2.00 | 0.60 | 11.00 | 0.22 |
| 3 | 0+176.13 | 7 | 4.40 | 2.20 | 40.00 | 2.00 | 0.60 | 25.00 | 0.16 |
| 4 | 0+952.50 | 3 | 4.40 | 2.20 | 40.00 | 2.00 | 0.60 | 30.00 | 0.07 |
| 5 | 1+529.87 | 3 | 4.40 | 2.20 | 40.00 | 2.00 | 0.60 | 30.00 | 0.07 |
| 6 | 1+629.67 | | | | | | | | |

Fuente: Propia Santiago Cevallos

Cada capa tendrá una anchura, a, en su cara superior, igual a la de la capa inmediatamente superior, as, más la suma de los sobreanchos d y s. El

sobreecho podrá aumentarse si así lo exigiera el disponer de un apoyo para la extensión de la capa superior. $a = a_s + 2d + 2s$.

Figura 19: Sobreechos



Fuente: Propia Santiago Cevallos

Tabla 31: Características geométricas

| CARACT. GEOMÉTRICAS | CLASE | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------|-----|-----|--------------------|-----|-----|--------------------|-----|-----|----------------------|-----|-----|-------------------|-----|-----|----------|-----|----|
| | RI - RII | | | I | | | II | | | III | | | IV | | | VECINAL | | |
| FUNCIÓN GERARQUICA | ARTERIAL | | | ARTERIAL COLECTORA | | | ARTERIAL COLECTORA | | | COLECTORA | | | COLECTORA VECINAL | | | VECINAL | | |
| TPDA20 | > 8000 | | | 3000 - 8000 | | | 1000 - 3000 | | | 300 - 1000 | | | 100 - 300 | | | < 100 | | |
| TIPO DE TERRENO | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M | LL | O | M |
| | VELOCIDAD Km/h | 120 | 100 | 80 | 100 | 80 | 70 | 80 | 70 | 60 | 80 | 60 | 50 | 60 | 50 | 40 | 50 | 40 |
| Dp (m) | 230 | 160 | 120 | 160 | 120 | 85 | 120 | 85 | 65 | 12 | 65 | 50 | 65 | 50 | 35 | 50 | 35 | 25 |
| Dr (m) | 590 | 430 | 320 | 430 | 320 | 240 | 320 | 240 | 190 | 320 | 190 | 140 | 190 | 140 | 110 | 140 | 110 | - |
| R mín (e = 10 %) | 450 | 350 | 210 | 350 | 210 | 160 | 210 | 160 | 110 | 210 | 110 | 75 | 110 | 75 | 30 | 75 | 30 | 20 |
| IL máx. (%) | 6 | | | 6 | | | 6 | | | 8 | | | 10 | | | 15 | | |
| K CURVAS CONVEXAS | 120 | 60 | 30 | 60 | 30 | 20 | 30 | 20 | 12 | 30 | 12 | 7 | 12 | 7 | 3 | 7 | 3 | 2 |
| K CURVAS CÓNCAVAS | 45 | 40 | 24 | 40 | 24 | 20 | 24 | 20 | 13 | 20 | 13 | 10 | 13 | 10 | 5 | 10 | 5 | 3 |
| IT (%) | 2 | | | 2 | | | 2 | | | 2 | | | 4 | | | 4 | | |
| ANCHO DE CARRIL (m) | 3,65 | | | 3,65 | | | 3,65 | | | 3,25 | | | 3,25 | | | 3 | | |
| NÚMERO DE CARRILES (C) | 4 mín. | | | 2 | | | 2 | | | 2 | | | 2 | | | 1 | | |
| ANCHO DE ESPALDONES (m) | 2,5 | | | 2,5 | | | 2,5 | | | 2 | | | 2 | | | 1 | | |
| NIVEL DE SERVICIO FINAL | D | | | D | | | D | | | D | | | D | | | D | | |
| SUPERFICIE DE RODADURA | PAVIMENTADA | | | PAVIMENTADA | | | PAVIMENTADA | | | PAVIMENTADA -D.T.S.- | | | AFIRMADA -D.T.S.- | | | AFIRMADA | | |
| PERALTE (%) | < 10 | | | < 10 | | | < 10 | | | < 10 | | | < 10 | | | < 10 | | |
| IL mín. (%) | 0,5 | | | 0,5 | | | 0,5 | | | 0,5 | | | 0,5 | | | 0,5 | | |
| DERECHO DE VÍA | 100 | | | 75 | | | 75 | | | 50 | | | 50 | | | 50 | | |
| NÚMERO DE CALZADAS (n) | 2 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | |

TPDA20 = TPDA año de horizonte de diseño (20 años)

Dp = Distancia de visibilidad de parada

Dr = Distancia de visibilidad para rebasamiento

IL = Pendiente longitudinal

IT = Pendiente transversal

R = Radio de curvas horizontales

K = Coeficiente de cálculo de longitud de curvas verticales

Fuente: Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 MOP

Según la Clasificación de Carreteras en función del tráfico proyectado esta carretera corresponde a la clase V: menor a 100 vehículos.

La velocidad de diseño se la define en 40 km/h, debido a razones topográficas y seguridad, ya que la ruta de ésta vía es poblada y una velocidad mayor pone en riesgo a los habitantes.

Para todo el trazado del proyecto de la vía el ancho de la calzada será de 4.40 metros, la pendiente transversal se ha fijado en un 2%. Junto a la calzada se construirán cunetas de desagüe en forma triangular 2:1 y la profundidad será de 0.30 metros. El talud adoptado para relleno es de 2.0 horizontal y 1 vertical.

La vía tendrá las siguientes características:

El ancho mínimo de la sub-rasante será con espaldones de: 6.2 m

Espesor de la capa de Mejoramiento = 60 cm

Ancho de cuneta = 0.70 m

Ancho de vía = 4.40 m

Ancho total = 5.8 m

Radio mínimo en curvas horizontales, metros = 50 m

Peralte máximo (%) = 10

Gradiente longitudinal máxima = 9.712 %

Gradiente longitudinal mínima = 2.2 %

3.6.5 Alineamiento horizontal

Tabla 32: Calculo del alineamiento Horizontal

| N°. | ABSCISA S PI (m) | ANGULO | | | ANGULO á RADIANES | RADIO R | TANGENTE T | LONG. CURVA Lc | ABSCISA PC= PI S -(PTA+TS) (m) | ABSCISA PT = PC+Lc (m) |
|-----|------------------------|--------|---------|----------|-------------------------|------------|---------------|-------------------|---|---------------------------------|
| | | GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 0 | 0+000.00 | | | | | | | | | |
| 1 | 0+038.91 | 122 | 21 | 35 | 2.14 | 15.52 | 28.21 | 33.14 | 0+010.70 | 0+043.85 |
| 2 | 0+082.80 | 42 | 16 | 26 | 0.74 | 47.14 | 18.22 | 34.78 | 0+064.58 | 0+099.36 |
| 3 | 0+176.13 | 25 | 35 | 2 | 0.45 | 180.74 | 41.04 | 80.70 | 0+135.09 | 0+215.80 |
| 4 | 0+952.50 | 14 | 0 | 54 | 0.24 | 305.60 | 37.56 | 74.75 | 0+914.94 | 0+989.69 |
| 5 | 1+529.87 | 53 | 7 | 39 | 0.93 | 49.22 | 24.61 | 45.64 | 1+505.26 | 1+550.90 |
| 6 | 1+629.67 | | | | | | | | | |

Fuente: Propia Santiago Cevallos

3.6.6 Alineamiento vertical

En la siguiente tabla constan las normas de diseño para las Curvas verticales convexas y cóncavas mínimas.

Tabla 33: Curvas verticales convexas y cóncavas mínimas

CURVAS VERTICALES CONVEXAS Y CÓNCAVAS MÍNIMAS

| Velocidad de Diseño (km/h) | Distancia de Visibilidad para Parada (m) | Curvas Verticales Convexas Mínimas Coeficiente "K" = S ² /426 | | Curvas Verticales Cóncavas Mínimas Coeficiente "K" = S ² /122+3.5 S | |
|----------------------------|--|---|------------|---|------------|
| | | Calculado | Redondeado | Calculado | Redondeado |
| 40 | 45 | 4.7 | 5 | 7.2 | 7 |
| 50 | 60 | 8.4 | 8 | 10.8 | 11 |
| 60 | 75 | 13.2 | 13 | 14.6 | 15 |
| 70 | 90 | 19.0 | 19 | 18.5 | 18 |
| 80 | 110 | 28.4 | 28 | 23.8 | 24 |
| 90 | 140 | 46.0 | 46 | 32.0 | 32 |
| 100 | 160 | 60.0 | 60 | 37.5 | 38 |
| 110 | 190 | 84.7 | 85 | 45.9 | 46 |

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003

A continuación el alineamiento vertical realizado para la vía Ahuano con su respectivo abscisado a lo largo de 1,7 kilómetros.

Tabla 34: Calculo del alineamiento vertical

| N° | ABSCISAS | | COTAS | | GRADIENTE | A | CLASE | TIPO DE | K | LONG. DECURVA | | ABSCISA | COTA | ABSCISA | COTA |
|----|----------|-----|-----------|--------|-----------|---------|-------|---------|--------|---------------|----------------|---------|----------------|---------|------|
| | PIV | PIV | PIV | PIV | | | | | | CALCULADA | ASUMIDA | | | | |
| | (m) | (m) | (m.s.n.m) | (%) | (G2-G1) | CURVA | VIA | | K'A | L | (ABS. PIV-L/2) | PCV | (ABS. PCV + L) | PTV | PTV |
| | | | | | | | | | (m) | (m) | (m) | | (m) | | |
| 0 | 0+000.00 | | 362.967 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0+110.00 | | 373.650 | 9.712 | -13.0 | CONVEXA | V | 4.63 | 60.01 | 20.00 | 0+100.00 | 372.679 | 0+120.00 | 373.325 | |
| 2 | 0+204.25 | | 370.591 | -3.246 | 8.6 | CONCAVA | V | 5.84 | 50.00 | 140.00 | 0+134.25 | 372.863 | 0+274.25 | 374.313 | |
| 3 | 0+354.10 | | 378.558 | 5.317 | -7.3 | CONVEXA | V | 15.31 | 112.43 | 0.00 | 0+354.10 | 378.558 | 0+354.10 | 378.558 | |
| 4 | 0+556.42 | | 374.455 | -2.028 | 6.3 | CONCAVA | V | 16.16 | 102.06 | 0.00 | 0+556.42 | 374.455 | 0+556.42 | 374.455 | |
| 5 | 0+719.31 | | 381.438 | 4.287 | -9.7 | CONVEXA | V | 7.72 | 75.25 | 0.00 | 0+719.31 | 381.438 | 0+719.31 | 381.438 | |
| 6 | 0+877.67 | | 372.787 | -5.463 | 11.0 | CONCAVA | V | 7.29 | 80.00 | 0.00 | 0+877.67 | 372.787 | 0+877.67 | 372.787 | |
| 7 | 0+965.68 | | 377.634 | 5.507 | -10.6 | CONVEXA | V | 7.57 | 79.99 | 0.00 | 0+965.68 | 377.634 | 0+965.68 | 377.634 | |
| 8 | 1+068.73 | | 372.419 | -5.061 | 7.3 | CONCAVA | V | 11.02 | 80.01 | 0.00 | 1+068.73 | 372.419 | 1+068.73 | 372.419 | |
| 9 | 1+264.10 | | 376.719 | 2.201 | -7.5 | CONVEXA | V | 26.59 | 200.02 | 0.00 | 1+264.10 | 376.719 | 1+264.10 | 376.719 | |
| 10 | 1+496.07 | | 364.372 | -5.323 | 11.8 | CONCAVA | V | 8.46 | 100.01 | 0.00 | 1+496.07 | 364.372 | 1+496.07 | 364.372 | |
| 11 | 1+629.67 | | 373.052 | 6.497 | | | | | | | | | | | |

Fuente: Propia Santiago Cevallos

3.7 Diseño de pavimentos

ALTERNATIVA Nº 1 (Capa de Rodadura: Asfalto – Periodo de Diseño: 10 años)

Propósito.

El presente diseño de esta primera alternativa está encaminado a determinar los distintos espesores de las capas que conforman el pavimento analizado, de tal manera que lleguen a soportar las cargas del tráfico que transita sobre esta vía, para un periodo proyectado de 10 años.

Datos.

Los datos fueron obtenidos en base a ensayos realizados en campo y laboratorio así como al estudio de tráfico realizado en la vía de acuerdo a las especificaciones del MTOP.

Análisis de Tráfico Clasificado

Para el Análisis de Tráfico Clasificado se ha determinado que en este sector circulan vehículos: livianos, buses de 2 ejes, camiones de 2 ejes y camiones de 3 ejes o más.

Metodología de Cálculo (AASHTO 93)

Entre el 16 de Abril al 22 de Abril del presente año se realizó el conteo de tráfico clasificado en la estación ubicada en el Río Napo, en la abscisa 0+000.

Del estudio de tráfico se han obtenido los siguientes datos:

Vehículos livianos: 54.59 %

Buses dos ejes: 2.07 %

Camiones dos ejes: 43.34 %

TPDA actual (2015): 97 vehículos

TPDA (2025): 143 vehículos

TPDA (2035): 212 vehículos

En relación a los porcentajes actuales de vehículos en el 2035 se tendrá las siguientes cantidades de vehículos:

Para 20 años:

| | | |
|-----------------------|-----|---------------|
| Vehículos Livianos | 116 | VEHICULOS DÍA |
| Buses 2 Ejes | 4 | VEHICULOS DÍA |
| Camiones 2 Ejes | 92 | VEHICULOS DÍA |
| Camiones 3 Ejes o mas | 0 | VEHICULOS DÍA |

Para 10 años:

| | | |
|-----------------------|----|---------------|
| Vehículos Livianos | 78 | VEHICULOS DÍA |
| Buses 2 Ejes | 3 | VEHICULOS DÍA |
| Camiones 2 Ejes | 62 | VEHICULOS DÍA |
| Camiones 3 Ejes o mas | 0 | VEHICULOS DÍA |

Con el tráfico futuro se realizará la conversión a ejes equivalentes de 8.2 Toneladas, considerando los siguientes factores propuestos por el AASHTO.

Factor camión 2,37

Esals de diseño = 1 177 515 ejes equivalentes de 8.2 toneladas para 10 años,

Esals de diseño = 4 323 091 ejes equivalentes de 8.2 toneladas para 20 años.

Capas que Intervienen en la Estructura del Pavimento

Sub rasante

Para determinar el CBR de diseño de la sub rasante se utilizarán los CBR obtenidos en campo de cada calicata mediante el DCP y se obtendrá el percentil 85 para determinar el CBR de diseño.

CBR (Diseño) = 4.25

MR (Módulo Resiliente) = $1500 \cdot \text{CBR (Diseño)}$ = $1500 \cdot 4.25$ = 6375 PSI
= 1 kg/cm² = 14.21 PSI

MR = 448 kg/cm²

Base

CBR Mínimo = 30.0%

Módulo Elástico = 12800 PSI = 897 kg/cm²

Coeficiente Estructural = 0.028 cm. = a₄

Material de Sub Base Clase III

CBR Mínimo = 20.0%

Módulo Elástico = 15000 PSI = 1056 kg/cm²

Coefficiente Estructural = 0.043 cm. = a³

Diseño

Con el CBR de Diseño de la Sub rasante, la Composición del Tráfico Clasificado, la Calidad de los Materiales que componen la Estructura del pavimento y otros datos Estadísticos y Técnicos, se procede al diseño de la Estructura del Pavimento para un Periodo de 10 años con material asfáltico

**METODO AASHTO 1993
PRIMERA ALTERNATIVA**

PROYECTO : Diseño Estructural de la Vía Río Napo - Ahuano

PERIODO DE DISEÑO : 10 AÑOS

SECTOR : Ciudad del Tena - Napo

DATOS

| | | | | | | |
|--|-----------|------------|-------|------|-------|------|
| EJES ACUMULADOS 8,2 ton : | 1.177.515 | NO. AÑOS : | 10 | | | |
| EJES ACUM. AJUSTADOS 8,2 ton : | 1.177.515 | NO. AÑOS : | 10 | | | |
| CONFIABILIDAD (%) : | 95 | | | | | |
| DESVIACION ESTANDAR : | -1,645 | | | | | |
| ERROR ESTANDAR COMBINADO : | 0,4 | | | | | |
| MODULO SUBRASANTE (kg/cm ²) : | 448 | | | | | |
| MODULO DEL MEJORAMIENTO (kg/cm ²) : | 897 | a 4 : | 0,028 | (cm) | m 4 : | 0,85 |
| MODULO SUB BASE GRANULAR.(kg/cm ²) : | 1.056 | a 3 : | 0,043 | (cm) | m 3 : | 0,90 |
| MODULO CARPETA ASF. (kg/cm ²) : | 26.740 | a 1 : | 0,161 | (cm) | m 1 : | x |
| PERDIDA TOTAL DE P S I : | 2,5 | | | | | |
| PERDIDA AJUSTADA DE P S I : | 2,5 | | | | | |

AJUSTE DEL SN3 :

| | |
|-----------------------------|------|
| NUMERO ESTRUCT. REQUERIDO : | 3,50 |
| LOG (EJES ACUMULADOS) : | 6,1 |

AJUSTE DEL SN2 :

| | |
|-----------------------------|------|
| NUMERO ESTRUCT. REQUERIDO : | 2,75 |
| LOG (EJES ACUMULADOS) : | 6,1 |

AJUSTE DEL SN1 :

| | |
|-----------------------------|------|
| NUMERO ESTRUCT. REQUERIDO : | 2,60 |
| LOG (EJES ACUMULADOS) : | 6,1 |

DETERMINACION DE ESPESORES DE LA ESTRUCTURA INICIAL :

| | | | | | |
|-----------------------------------|--------|------------|------|-------------|-----|
| CARPETA ASFALTICA | D1* : | REAL, cm : | 16,1 | AJUST, cm : | 7,5 |
| | SN1* : | | 1,21 | | |
| SUB BASE GRANULAR | D2* : | REAL, cm : | 39,9 | AJUST, cm : | 35 |
| | SN2* : | | 1,35 | | |
| MEJORAMIENTO DE LA SUBRAS. | D3* : | REAL, cm : | 39,4 | AJUST, cm : | 40 |
| | SN3* : | | 0,95 | | |

TOTAL SN : 3,51

ESPESOR TOTAL DEL PAVIMENTO 82,5

Una vez realizado el diseño se indican los espesores de las capas del pavimento:

Mejoramiento.- Espesor = 40 cm, Se considera al material existente en la zona, el mismo que se debe escarificar, reconformar, uniformizar y compactar hasta que se obtenga el 95% del proctor modificado.

Sub base Clase III.- Espesor = 15cm, Esta Sub base de ser calificada y debe cumplir con las especificaciones MOP-001-F-2002.

La subbase debe ser compactada en una sola capa hasta alcanzar el 100% del próctor modificado.

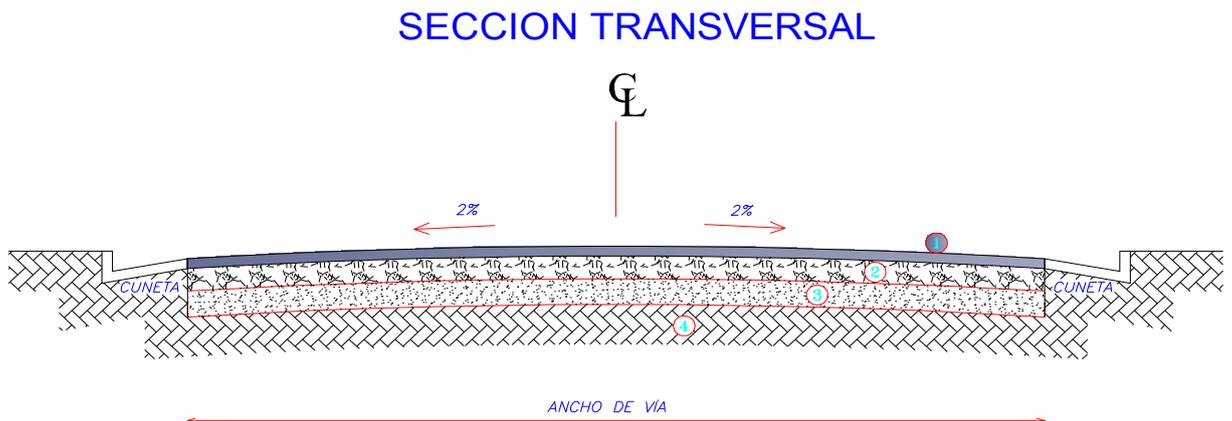
Base Clase III.- Espesor = 15cm, La base de ser calificada y debe cumplir con las especificaciones MOP-001-F-2002.

La capa de base granular debe ser compactada en una sola capa hasta alcanzar el 100% del próctor modificado.

Carpeta Asfáltica.- Espesor = 7.5cm, La cual debe estar situada sobre un riego de imprimación colocado directamente sobre la base.

Figura 20: Sección transversal de la Alternativa 1

PROYECTO: VIA AHUANO (LA PUNTA)
Primera Alternativa (Período de Diseño = 10 años)



SIMBOLOGÍA:

- | | | |
|----|------------------------------|------------|
| 1. | Carpeta Asfáltica | = 7.5 cm |
| 2. | Sub base granular Clase III | = 35.00 cm |
| 3. | Mejoramiento de la Surasante | = 40.00 cm |
| 4. | Subrasante | |

Fuente: Propia Santiago Cevallos

**ALTERNATIVA Nº 2 (Capa de Rodadura: Asfalto – Periodo de Diseño:
20 años)**

Propósito.

El diseño de esta segunda alternativa está encaminado a determinar al igual que el anterior, los distintos espesores de las capas que conforman el pavimento analizado, de tal manera que lleguen a soportar las cargas del tráfico que transita sobre esta vía, para un periodo proyectado de 20 años.

Datos.

Los datos fueron obtenidos en base a ensayos realizados en campo y laboratorio así como al estudio de tráfico realizado en la vía de acuerdo a las especificaciones del MTOP.

Análisis de Tráfico Clasificado

Para el Análisis de Tráfico Clasificado se ha determinado que en este sector circulan vehículos: livianos, buses de 2 ejes, camiones de 2 ejes y camiones de 3 ejes o más.

Este análisis queda ya especificado en los cálculos realizados dentro de la alternativa anterior, puesto que en dichos cálculos se incluyen los dos periodos de diseño.

Capas que Intervienen en la Estructura del Pavimento

Sub rasante

Para determinar el CBR de diseño de la sub rasante se utilizarán los CBR obtenidos en campo de cada calicata mediante el DCP y se obtendrá el percentil 85 para determinar el CBR de diseño.

$$\text{CBR (Diseño)} = 4.25$$

$$\text{MR (Módulo Resiliente)} = 1500 * \text{CBR (Diseño)} = 1500 * 4.25 = 6375 \text{ PSI}$$

$$= 1 \text{ kg/cm}^2 = 14.21 \text{ PSI}$$

$$\text{MR} = 448 \text{ kg/cm}^2$$

Base

CBR Mínimo = 30.0%

Módulo Elástico = 12800 PSI = 897 kg/cm²

Coefficiente Estructural = 0.028 cm. = a₄

Material de Sub Base Clase III

CBR Mínimo = 20.0%

Módulo Elástico = 15000 PSI = 1056 kg/cm²

Coefficiente Estructural = 0.043 cm. = a₃

Diseño

Con el CBR de Diseño de la Sub rasante, la Composición del Tráfico Clasificado, la Calidad de los Materiales que componen la Estructura del pavimento y otros datos Estadísticos y Técnicos, se procede al diseño de la Estructura del Pavimento para un Periodo de 20 años con material asfáltico.

**METODO AASHTO 1993
SEGUNDA ALTERNATIVA**

PROYECTO : Diseño Estructural de la Vía Río Napo - Ahuano

PERIODO DE DISEÑO : 20 AÑOS

SECTOR : Ciudad del Tena - Napo

DATOS

| | | | | | | |
|--|-----------|------------|-------|------|-------|------|
| EJES ACUMULADOS 8,2 ton : | 4.323.091 | NO. AÑOS : | 20 | | | |
| EJES ACUM. AJUSTADOS 8,2 ton : | 4.323.091 | NO. AÑOS : | 20 | | | |
| CONFIABILIDAD (%) : | 95 | | | | | |
| DESVIACION ESTANDAR : | -1,645 | | | | | |
| ERROR ESTANDAR COMBINADO : | 0,4 | | | | | |
| MODULO SUBRASANTE (kg/cm ²) : | 448 | | | | | |
| MODULO DEL MEJORAMIENTO (kg/cm ²) : | 897 | a 4 : | 0,028 | (cm) | m 4 : | 0,85 |
| MODULO SUB BASE GRANULAR (kg/cm ²) : | 1.056 | a 3 : | 0,043 | (cm) | m 3 : | 0,90 |
| MODULO CARPETA ASF. (kg/cm ²) : | 26.740 | a 1 : | 0,161 | (cm) | m 1 : | x |
| PERDIDA TOTAL DE P S I : | 2,5 | | | | | |
| PERDIDA AJUSTADA DE P S I : | 2,5 | | | | | |

AJUSTE DEL SN3 :

| | |
|-----------------------------|------|
| NUMERO ESTRUCT. REQUERIDO : | 4,10 |
| LOG (EJES ACUMULADOS) : | 6,6 |
| | 6,5 |

AJUSTE DEL SN2 :

| | |
|-----------------------------|------|
| NUMERO ESTRUCT. REQUERIDO : | 3,30 |
| LOG (EJES ACUMULADOS) : | 6,6 |

AJUSTE DEL SN1 :

| | |
|-----------------------------|------|
| NUMERO ESTRUCT. REQUERIDO : | 3,10 |
| LOG (EJES ACUMULADOS) : | 6,6 |

DETERMINACION DE ESPESORES DE LA ESTRUCTURA INICIAL :

| | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------|------|------------|-----|
| CARPETA ASFALTICA | D1* : | REAL,cm : | 19,3 | AJUST,cm : | 7,5 |
| | SN1* : | | 1,21 | | |
| SUB BASE GRANULAR | D2* : | REAL,cm : | 54,1 | AJUST,cm : | 40 |
| | SN2* : | | 1,55 | | |
| MEJORAMIENTO DE LA SUBRAS. | D3* : | REAL,cm : | 56,5 | AJUST,cm : | 60 |
| | SN3* : | | 1,43 | | |

| | |
|-------------------|-------------|
| TOTAL SN : | 4,18 |
|-------------------|-------------|

| | |
|------------------------------------|--------------|
| ESPESOR TOTAL DEL PAVIMENTO | 107,5 |
|------------------------------------|--------------|

Una vez realizado el diseño se indican los espesores de las capas del pavimento:

Mejoramiento.- Espesor = 60 cm, Se considera al material existente en la zona, el mismo que se debe escarificar, reconformar, uniformizar y compactar hasta que se obtenga el 95% del próctor modificado.

Sub base Clase III.- Espesor = 20cm, Esta Sub base de ser calificada y debe cumplir con las especificaciones MOP-001-F-2002.

Base Clase III.- Espesor = 15cm, La base de ser calificada y debe cumplir con las especificaciones MOP-001-F-2002.

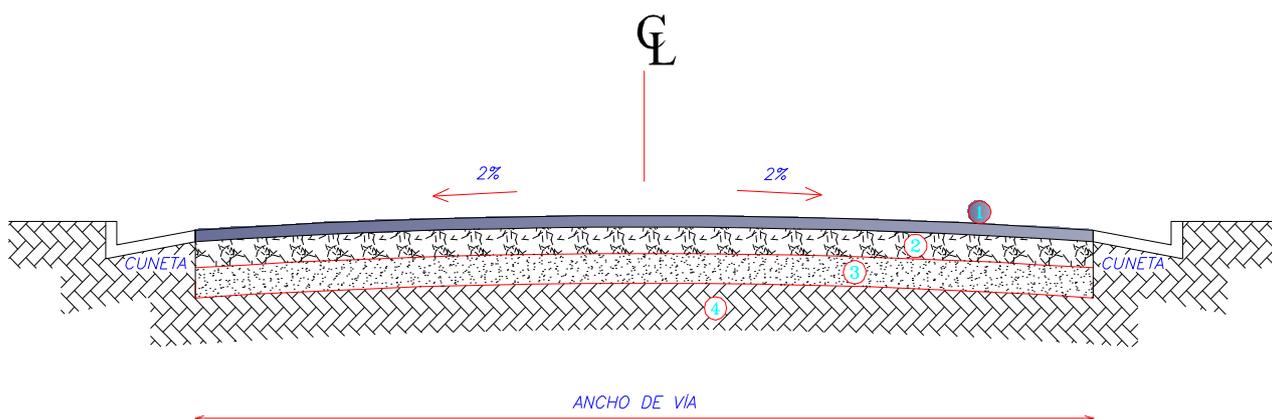
La capa de base granular debe ser compactada en una sola capa hasta alcanzar el 100% del próctor modificado.

Carpeta Asfáltica.- Espesor = 7.5cm, La cual debe estar situada sobre un riego de imprimación colocado directamente sobre la base. *Anexos 8, 9, 10 y 11*

Figura 21: Seccion transversal de la Alternativa 2

PROYECTO: VIA AHUANO (LA PUNTA)
Segunda Alternativa (Período de Diseño = 20 años)

SECCION TRANSVERSAL



SIMBOLOGÍA:

- | | | |
|----|------------------------------|------------|
| 1. | Carpeta Asfáltica | = 7.5 cm |
| 2. | Sub base granular Clase III | = 40.00 cm |
| 3. | Mejoramiento de la Surasante | = 60.00 cm |
| 4. | Subrasante | |

Fuente: Propia Santiago Cevallos

CAPITULO IV

Presupuesto

El presupuesto de las obras civiles se ha realizado con la debida justificación de la utilización de materiales de la localidad e importados.

Para la preparación del presupuesto se ha recopilado datos de costos de mano de obra, materiales y equipos de construcción de fuentes como ferreterías, distribuidores y de alquiler de equipo. *Anexo 3*

La mina de cual se prevé extraer el material se encuentra a 5 km de distancia del punto de equilibrio de la vía, con el fin de generar trabajo el personal en obra será de la zona, contribuyendo así con la economía de los pobladores.

A continuación se presenta el desglose del porcentaje de los costos indirectos el mismo que corresponde al 25%.

Tabla 35: Desglose del porcentaje de costos indirectos

| COMPONENTES DEL COSTO INDIRECTO | unidad | cantidad | precio | total | % |
|---------------------------------|--------|----------|--------|----------|--------------|
| utilidad | | | | 19961,32 | 5 |
| imprevistos | | | | 23953,58 | 6 |
| gastos administrativos | | | | 7500 | 2 |
| contador | mes | 5 | 500 | 2500 | |
| bodeguero | mes | 5 | 500 | 2500 | |
| secretaria | mes | 5 | 500 | 2500 | |
| dirección de obra | | | | 13000 | 3 |
| residente | mes | 5 | 1000 | 5000 | |
| supervisor | mes | 5 | 1600 | 8000 | |
| locales provisionales | | | | 2600 | 0,65 |
| oficina | mes | 5 | 200 | 1000 | |
| campamento | mes | 5 | 320 | 1600 | |
| vehículos | | | | 11500 | 2,9 |
| camioneta | mes | 5 | 700 | 3500 | |
| camion | mes | 5 | 800 | 4000 | |
| maquinaria pesada | mes | 4 | 1000 | 4000 | |
| servicios públicos | | | | 2000 | 0,50 |
| agua | mes | 5 | 150 | 750 | |
| luz | mes | 5 | 100 | 500 | |
| internet | mes | 5 | 150 | 750 | |
| promoción y señalética | | | | 1835 | 0,46 |
| promoción medios | u | 6 | 150 | 900 | |
| señales preventivas | u | 17 | 55 | 935 | |
| garantias | global | 1 | | | 2 |
| seguros | global | 1 | | | 1 |
| costos financieros | | | | | 1 |
| equipos de seguridad | u | 10 | 150 | 1500 | 0,37573 |
| total | | | | | 25,00 |

Fuente: Propia Santiago Cevallos

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

| RUBRO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | UNITARIO | P.TOTAL |
|--|--|--------|-----------|---------------|-------------------|
| MOVIMIENTO DE TIERRAS | | | | | |
| 302-1 | Desbroce,desbosque y limpieza | Ha | 0,30 | 366,45 | 109,94 |
| 303-2(1) | Excavación sin clasificación | m3 | 3.557,40 | 8,21 | 29.206,25 |
| 307-3(1) | Excavacion para cunetas y encauzamientos | m3 | 1.173,60 | 9,33 | 10.949,69 |
| 308-2(1) | Acabado de la obra existente | m2 | 7.172,00 | 1,08 | 7.745,76 |
| 309-6(2) | Transporte de suelo seleccionado para mejoramiento de la subrasante | m3/km | 5.398,10 | 0,26 | 1.403,51 |
| 309-6(5) | Transporte de subbase y base | m3/km | 2.510,20 | 0,26 | 652,65 |
| ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO | | | | | |
| 402-2(1) | Mejoramiento subrasante | m3 | 5.398,10 | 18,84 | 101.700,20 |
| 403-1 | sub-base granular clase III | m3 | 1.434,40 | 22,99 | 32.976,86 |
| 404-1 | Base granular clase III | m3 | 1.075,80 | 30,74 | 33.070,09 |
| 405-1(1) | Asfalto RC-250 para imprimacion | l | 14.344,00 | 0,73 | 10.471,12 |
| 405-4 | Carpeta asfaltica de 7.5 cm de espesor | m2 | 7.172,00 | 11,83 | 84.844,76 |
| ESTRUCTURAS | | | | | |
| 503(2) | Hormigon simple f'c= 210kg/cm2, clase B, incluye encofrado | m3 | 32,00 | 204,49 | 6.543,68 |
| 503(3) | Hormigon simple f'c= 180kg/cm2, clase C, incluye encofrado | m3 | 306,50 | 188,18 | 57.677,17 |
| 504(1) | Acero de refuerzo | kg | 3.200,00 | 1,80 | 5.760,00 |
| INSTALACIONES DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO | | | | | |
| 602-(2A)a | Tuberia corrugada , D=1.20 m. esp 2.50 mm | m | 14,00 | 381,15 | 5.336,10 |
| INSTALACIONES PARA CONTROL DEL TRÁNSITO Y USO DE LA ZONA DEL CAMINO | | | | | |
| 705-(2) | Marcas de pavimento (pintura 1 franja ancho=10 cm), incluye microesferas | m | 4.890,00 | 1,05 | 5.134,50 |
| 708-5(1) | Señalización al lado de la carretera (2.40x1.80 m) | u | 1,00 | 244,95 | 244,95 |
| 708-5(1)a | Señalización al lado de la carretera (1.80x0.60 m) | u | 1,00 | 382,45 | 382,45 |
| 708-5(1)b | Señales reglamentarias (0.60x0.60 m) | u | 16,00 | 138,70 | 2.219,20 |
| MEDIDAS GENERALES DE CONTROL AMBIENTAL | | | | | |
| 205-(1) | Agua para control de polvo | m3 | 286,90 | 3,15 | 903,74 |
| 220-2(1) | Charla de concientización | u | 1,00 | 656,25 | 656,25 |
| 220-2(5) | Comunicados radiales | u | 90,00 | 13,75 | 1.237,50 |
| | | | | TOTAL: | 399.226,37 |

El valor total del presupuesto incluido costos directos e indirectos es de 399.226,37 USD.

Debe realizarse el reajuste de precios, de acuerdo al artículo 127 de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública donde indica que en el caso de ejecución de obras, en el caso de producirse variaciones en los costos de los componentes de los precios unitarios estipulados en los contratos de ejecución de obras que celebren las entidades contratantes, los costos se reajustarán, para efectos de pago del anticipo y de las planillas de ejecución de obra, desde la fecha de variación, mediante la aplicación de fórmulas matemáticas que constarán obligatoriamente en el contrato, en base a la siguiente fórmula general:

$$Pr = Po(p_1B_1/Bo+p_2C_1/Co+p_3D_1/Do+p_4E_1/Eo... p_nz_1/Zo + p_xX_1/Xo).$$

Los símbolos anteriores tienen el siguiente significado:

Pr = Valor reajustado del anticipo o de la planilla.

Po = Valor del anticipo o de la planilla calculada con las cantidades de obra ejecutada a los precios unitarios contractuales descontada la parte proporcional del anticipo, de haberlo pagado.

p1 = Coeficiente del componente mano de obra.

p2, p3, p4... pn = Coeficiente de los demás componentes principales.

px = Coeficiente de los otros componentes, considerados como "no principales", cuyo valor no excederá de 0,200.

Los coeficientes de la fórmula se expresarán y aplicarán al milésimo y la suma de aquellos debe ser igual a la unidad.

Bo = Sueldos y salarios mínimos de una cuadrilla tipo, fijados por ley o acuerdo ministerial para las correspondientes ramas de actividad, más remuneraciones adicionales y obligaciones patronales de aplicación general que deban pagarse a todos los trabajadores en el país, exceptuando el porcentaje de la participación de los trabajadores en las utilidades de empresa, los viáticos, subsidios y beneficios de orden social; esta cuadrilla tipo estará conformada en base a los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada, vigentes treinta días antes de la fecha de cierre para la presentación de las ofertas que constará en el contrato.

B1 = Sueldos y salarios mínimos de una cuadrilla tipo, expedidos por la ley o acuerdo ministerial para las correspondientes ramas de actividad, más remuneraciones adicionales y obligaciones patronales de aplicación general que deban pagarse a todos los trabajadores en el país, exceptuando el porcentaje de participación de los trabajadores en las utilidades de la empresa, los viáticos, subsidios y beneficios de orden social; esta cuadrilla tipo estará conformada sobre la base de los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada, vigente a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obra.

Co, Do, Eo,...Zo = Los precios o índices de precios de los componentes principales vigentes treinta días antes de la fecha de cierre para la presentación de las ofertas, fecha que constará en el contrato.

CI, DI, EI,...ZI = Los precios o los índices de precios de los componentes

principales a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obras.

X_0 = Índice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a la falta de éste, el índice de precios al consumidor treinta días antes de la fecha de cierre de la presentación de las ofertas, que constará en el contrato.

X_1 = Índice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a falta de éste, el índice de precios al consumidor a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obras.

Siendo el reajuste de precios el valor adicional a un precio inicial que se produce por el incremento de los costos de los insumos que interviene en la obra en el transcurso del tiempo. Valor que trata de compensar la pérdida del poder adquisitivo de la moneda entre la fecha de negociación y la fecha de pago.

Para el presente estudio se utilizara la presente fórmula polinómica

| FORMULA POLINOMICA RESUMEN | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-------|---|--------|-------|---|--------|--------|---|--------|-------|---|
| Pr = Po (| | | | | | | | | | | | |
| | 0,0460 | B1/B0 | + | 0,4530 | C1/C0 | + | 0,1120 | D1/DO | + | 0,0560 | E1/E0 | + |
| | 0,2400 | F1/F0 | + | 0,0860 | G1/G0 | + | 0,0070 | X1/X0 |) | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| B | MANO DE OBRA | | | | | | | 0,0460 | | | | |
| C | MATERIALES PETREOS | | | | | | | 0,4530 | | | | |
| D | EQUIPO Y MAQUINARIA DE LA CONSTRUCCION | | | | | | | 0,1120 | | | | |
| E | REPUESTOS | | | | | | | 0,0560 | | | | |
| F | ASFALTO | | | | | | | 0,2400 | | | | |
| G | COMBUSTIBLE | | | | | | | 0,0860 | | | | |
| X | SALDO MATERIEALES | | | | | | | 0,0070 | | | | |
| | | | | | | | | 1,0000 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| CUADRILLA TIPO, RESUMEN | | | | | | | | | | | | |
| (| | | | | | | | | | | | |
| | 0,1410 | J1/J0 | + | 0,0050 | K1/K0 | + | 0,1090 | L1/L0 | + | 0,0770 | M1/M0 | |
| | 0,0530 | N1/N0 | + | 0,1180 | O1/O0 | + | 0,4970 | P1/P0 |) | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| J | ESTRUC. OCUP. E2 Peon | | | | | | | 0,1410 | | | | |
| K | ESTRUC. OCUP. B2 Inspector de Obra | | | | | | | 0,0050 | | | | |
| L | TOPOGRAFIA Topografo 2 | | | | | | | 0,1090 | | | | |
| M | CHOFERES PROFESIONALES (Volquetas Estr. Ocup C1) | | | | | | | 0,0770 | | | | |
| N | ESTRUC. OCUP. D2 Operador equipo liviano | | | | | | | 0,0530 | | | | |
| O | ESTRUC. OCUP. C2 GRUPO II Distribuidor de Asfalto | | | | | | | 0,1180 | | | | |
| P | ESTRUC. OCUP. C1 GRUPO 1 Motoniveladora | | | | | | | 0,4970 | | | | |
| | | | | | | | | 1,0000 | | | | |
| INDICE SUB CERO = Mayo 2015 | | | | | | | | | | | | |

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✓ Caracterizar adecuadamente el flujo de tráfico para el diseño de la estructura del pavimento.
- ✓ La Clasificación de Carreteras está en función del tráfico proyectado
- ✓ El material de base y sub-base debe poseer mejores propiedades que la sub-rasante.
- ✓ Cuando la capa de base es estabilizada se evita que el agua que logra infiltrar a través de la capa de rodamiento llegue hacia la sub-base y sub-base, a la vez se aumenta la capacidad estructural de la base.
- ✓ El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tráfico, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas del tránsito.
- ✓ Para el buen diseño de un pavimento es recomendable caracterizar apropiadamente la sub-rasante que sustentará el pavimento flexible, partiendo de las propiedades del suelo que la conforma.
- ✓ La metodología que se emplea para el Diseño de Pavimento es la Guía de Diseño de Pavimentos del Método AASHTO aplicado al Ecuador, año 1993, este método es adoptado por el Ministerio de Obras Públicas.
- ✓ El diseño de la vía con pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito y a otros agentes perjudiciales.

- ✓ Es importante conocer todas las leyes y decretos de la República del Ecuador, además de ordenanzas y reglamentos provinciales y locales que pudieran afectar en alguna forma la ejecución de la obra.
- ✓ La vía actual no tiene cunetas a ningún lado de la misma lo que disminuye la vida útil de la vía.
- ✓ Las alcantarillas hidráulicamente deben tener capacidad para recolectar toda el agua que puede drenar hacia la calzada y de pequeñas áreas adyacentes así como de los taludes.
- ✓ Se debe tener especial cuidado en las obras de drenaje para las aguas lluvias a fin de obtener una evacuación inmediata hacia las descargas previstas en el proyecto.
- ✓ Del análisis de suelo se puede concluir que a largo de la vía se tienen diferentes tipos de suelos pero predomina el suelo arcilloso y el limo elástico arenoso el mismo que se encuentra presente desde la abscisa 1+000 en adelante.
- ✓ La topografía de la faja circundante al trazado de la vía es ondulada y de cota menor con respecto al eje longitudinal.
- ✓ Los efectos ambientales adversos más significativos sobre carreteras rurales sin pavimentar se asocian generalmente con una deficiente operación y mantenimiento del equipo de carretera, y un entrenamiento inadecuado del personal que trabaja en carreteras. Los operadores de niveladoras bien entrenados son clave para darle la forma adecuada a las superficies de las carreteras con el fin de alejar el agua de las calzadas para los vehículos y evitar que se acumule en las superficies de las carreteras.

- ✓ Según la Clasificación de Carreteras en función del tráfico proyectado esta carretera corresponde a la clase V: menor a 100 vehículos, esto es en función del TPDA que se obtuvo el mismo que corresponde a 97.
- ✓ La velocidad de diseño se la define en 40 km/h, debido a razones topográficas y seguridad, ya que la ruta de ésta vía es poblada y una velocidad mayor pone en riesgo a los habitantes.
- ✓ El alineamiento es lo más directo posible dentro de lo que permitieron las condiciones topográficas de la región. No obstante es deseable un trazado que presente una solución de continuidad entre el alineamiento horizontal y vertical en cuanto a la integración de líneas curvas, y no un alineamiento horizontal recto que corte ondulaciones naturales del terreno.
- ✓ Para el mejoramiento de la subrasante se adicionará la siguiente capa hasta alcanzar el espesor establecido de mejoramiento compactado al 95% del proctor modificado.
- ✓ La Base y la Sub base Clase III debe ser calificada y debe cumplir con las especificaciones MOP-001-F-2002.

“Son sub bases constituidas por agregados naturales y procesados que cumplan los requisitos establecidos en la sección 816, y que se hallen graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase III, en la Tabla 403-1,1, del libro del MOP”. La subbase debe ser compactada en una sola capa hasta alcanzar el 100% del próctor modificado.

- ✓ Carpeta Asfáltica debe estar situada sobre un riego de imprimación colocado directamente sobre la base. Esta carpeta debe estar diseñada con agregados de buena calidad que deben cumplir las especificaciones MOP-001-F-2002, así mismo la mezcla obedecerá una formula maestra de diseño en los que se indique el cumplimiento de la cantidad optima de asfalto para cumplir con la estabilidad y flujo.

- ✓ Las principales funciones de la Capa de Sub – Base y Mejoramiento en una Capa de Rodadura de Pavimento Flexible (Asfáltico) son las siguientes:
 - Proporcionar apoyo Uniforme a la Capa de Rodadura (Carpeta Asfáltica).

 - Incrementar la Capacidad Portante de los Suelos de Apoyo, respecto a la que es común en las Terracerías y Capa Sub rasante.

 - Reducir a un mínimo las consecuencias de los cambios de volumen que puedan tener lugar en el Suelo que formen las Terracerías o la Sub rasante.

 - Evitar el Bombeo.

- ✓ Según el periodo de diseño se tienen los espesores de la estructura inicial y son las siguientes

| Periodo de diseño | Carpeta asfáltica | Sub base granular | mejoramiento |
|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| 10 años | 7,5 cm | 35 | 40 |
| 20 años | 7,5 cm | 40 | 60 |

5.2 Recomendaciones

- ✓ Para la conformación de la obra básica se debe retirar todo material inadecuado, esto es, raíces, troncos, material orgánico, basura y escombros.

- ✓ En la excavación y conformación de la Sub rasante se debe mantener el bombeo del 2% en el sentido transversal de la vía.

- ✓ El Gobierno Provincial de Napo deberá centrar sus esfuerzos en charlas informativas de concienciación y capacitación sobre el mantenimiento vial e involucrar a la Comunidad en los proyectos viales así como la formación e implementación de microempresas asociativas de servicios, con base local, especialmente en el ámbito del mantenimiento de la infraestructura pública y social, concebido como una estrategia de fomento del empleo y lucha contra la pobreza.

- ✓ El costo total del proyecto incluidos los costos directos e indirectos es de 399.226,37 USD; en el análisis de precios unitarios se ha tomado en cuenta el transporte de material y maquinaria por la gabarra existente en el Río Napo, también están incluidos el levantamiento, nivelación y desalojo de material; en los costos indirectos se ha incluido los costos de los equipos de seguridad del personal determinado en base a los componentes desglosados en la tabla 35.

5.3 Bibliografía

1. **TORRES, M.**-“Manual de Pavimentos”
2. **Especificaciones MOP**
3. “**Léxico estratigráfico internacional**” volumen V C.R Bristol y R. Hoffstetter (1977)
4. **Normas ASTM**, Guía para diseño de pavimentos, Método AASHTO 93.
5. **MEYERHOF, G. G.** “Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesion less Soils” Journal of the soil mechanics and foundation division , ASCE, vol 82, No SM1 1956, pp. 866-1 a 866-19
6. **PARRY, R. H. G.**- 1971 .- “A Direct Method of estimating settlements in sands from SPT values “ Proceedings symposium of structure and foundations.
7. **SCHERTMAN, J. H.**- 1970.- “Static Cone to compute static settlement over sand” A.C. S.E , J.S.M.F.D, vol. 98 S. M. 3, pp. 1011-1043
8. **TERZAGHI, K.** and **PECK, R. B.** - 1967 “Soil Mechanics in Engineering Practice. 2nd edition, New York, Wiley, 729p
9. Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12
11. **Chow, Ven te**, 1994 “Hidráulica de Canales Abiertos”, Editorial McGraw-Hill.
12. **Chow, V.T., Maidment, D.**, Mays L., 1994. “Hidrología aplicada”, Editorial McGraw-Hill Interamericana s, 28 págs.
13. Anexo del libro innumerado “Del régimen administrativo del suelo en el Distrito Metropolitano de Quito”.

14. **Normas de Arquitectura y Urbanismo** corresponde a la codificación de los textos de las ordenanzas N° 3457 y 3477.
15. **Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes**, MOP - 001-F 2002
16. **Tesis**, DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA VÍA BABA-LA ESTRELLA

ANEXOS

- Anexo 1. Zonas Propensas a Inundaciones
- Anexo 2. Rangos de Pendientes de suelos
- Anexo 3. Análisis de Precios Unitarios
- Anexo 4. Topografía
- Anexo 5. Ubicación General
- Anexo 6. Implantación Específica
- Anexo 7. Faja Topográfica y Perfil Longitudinal de la Vía
- Anexo 8. Método AASHTO
- Anexo 9. Cálculo del Percentil 95
- Anexo 10. Perfiles Transversales de la Vía
- Anexo 11. Planimetría y Perfiles Longitudinales de la Vía
- Anexo 12. Fotográfico

