



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA**

COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

**“DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL – VERTICAL Y DE
PAVIMENTOS AVE. REMIGIO MADERO
EN LA CIUDAD DE MACAS (2.2KM)”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL**

PETTER WLADIMIR JARAMILLO GONZALEZ

DIRECTOR: ING. MSc. CESAR HUMBERTO MALDONADO NOBOA

2016

DECLARACIÓN

Yo, PETTER WLADIMIR JARAMILLO GONZÁLEZ, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

PETTER WLADIMIR JARAMILLO GONZÁLEZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Petter Wladimir Jaramillo González, bajo mi supervisión.

ING. Msc. CESAR HUMBERTO MALDONADO NOBOA
DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación, con mucho cariño, amor y respeto:

A mis padres Luis Petter Jaramillo Gutiérrez y Doris Gemileth González Flores, quienes han sido el soporte para culminar mi meta.

A mi hermano Antony Alexis Jaramillo González, quien me ha apoyado en todo momento.

A mis abuelitas Eloiza e Inés quienes me han sabido brindar el cariño en momentos difíciles.

Petter J.

Cuenca, abril de 2016

AGRADECIMIENTO

A mi familia, amigos, compañeros y especialmente a mis maestros por el apoyo incondicional, durante toda mi vida Universitaria.

Al Ing. Msc. Cesar Humberto Maldonado Noboa por su dirección, guía y apoyo en la planificación, ejecución y revisión del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Roberto Villareal Alcalde del cantón Morona, quién me ha brindado todo el apoyo para poder poner en práctica los conocimientos obtenidos en mi Universidad.

Petter J.

Cuenca, abril de 2016

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
CONTENIDO GENERAL.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABLAS.....	VIII
RESUMEN	X
CAPITULO I.....	1
1. ANTECEDENTES DEL GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTÓN MORONA	1
1.1 DATOS HISTÓRICOS.....	1
1.1.1 MISIÓN.....	1
1.1.2 VISIÓN	1
1.1.3 OBJETIVOS INSTITUCIONALES	2
1.2. SÍNTESIS DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN MORONA	2
1.2.1 DIAGNÓSTICO – MOVILIDAD.....	2
1.2.2 PROPUESTA – MOVILIDAD	4
1.2.3 MODELO DE GESTION- MOVILIDAD	7
1.3 ÁREA VIAL Y CONECTIVIDAD.....	7
1.3.1 PROYECCIONES VIALES EN EL SECTOR	7
1.3.2 ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA EN EL SECTOR	8
1.3.3 ZONAS DE PLANIFICACIÓN EN EL SECTOR.....	9
1.3.4 TEMAS RELACIONADOS CON EL TRAZADO VIAL Y USO DEL SUELO EN EL SECTOR	10
CAPITULO II.....	12
2. CRITERIOS Y MÉTODOS GENERALES EN TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA VIAL	12
2.1 ANTECEDENTES DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	12
2.2 EJE DE LA VÍA	13
2.3 DETALLES TOPOGRÁFICOS DE LA FRANJA	13
2.4 LEVANTAMIENTO Y NIVELACIÓN CON LA ESTACIÓN TOTAL	16
2.5 LÍMITES DE CIERRE EN LA POLIGONAL EN EL DISEÑO VIAL	16
2.6 LEVANTAMIENTO DE LOS PUNTOS A DETALLE	17
2.7 CALCULO Y DIBUJO	17
2.7.1 PENDIENTES	18
CAPITULO III.....	19
3 DISEÑO GEOMETICO	19
3.1 DATOS PARA EL DISEÑO	19
3.1.1. TOPOGRAFÍA	19
3.1.2 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)	19
3.1.3. CENSOS VOLUMÉTRICOS.....	20
3.1.4 CLASIFICACIÓN NACIONAL DE LA RED VIAL	27
3.1.5 VELOCIDAD DE DISEÑO	28
3.1.6 MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD	29
3.2 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	30
3.2.1 RADIOS MÍNIMOS, PERALTE Y SUS RESPECTIVO BOMBEO	30
3.2.2 SOBREANCHO EN LAS CURVAS	33
3.2.3 CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL.....	34

3.3 ALINEAMIENTO VERTICAL	35
3.3.1 TANGENTES Y CURVAS VERTICALES	36
3.3.2 PARTES DE UNA CURVA VERTICAL	37
3.4: SECCIONES TRANSVERSALES.....	39
3.4.1 CUNETAS, VEREDAS Y PARTERRE	39
3.5 DISEÑO DE LA INTERSECCIÓN	40
3.6 CALCULO DE VOLUMENES	42
3.7 DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	46
3.7.1 ANÁLISIS DE TRANSITO	47
3.7.2 DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Z_R)	55
3.7.3 DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL SISTEMA (S_0)	56
3.7.4 PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)	57
3.7.5 MÓDULO RESILIENTE (MR)	57
3.7.6 DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DE LA CAPA ASFÁLTICA, BASE Y SUB-BASE	59
3.7.7 CUADRO DE RESÚMENES	64
CAPITULO IV	65
4.2 CONCLUSIONES.....	65
4.1 RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	67
ANEXO 01 ENSAYOS DE SUELOS.....	68
ANEXO 02 PLANOS.....	69

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. 1: Mapa de las redes según su jerarquía	3
Figura 1. 2 Mapa de la ciudad de Macas dividido en zonas	10

CAPÍTULO II

Figura 2. 1: zona en estudio	12
Figura 2. 2: Estación total empleada en el proyecto	16

CAPÍTULO III

Figura 3. 1: Gráfico de la zona donde se realizó el censo volumétrico	21
Figura 3. 2: Eje trazado pro la Municipalidad del cantón Morona calle Remigio Madero	30
Figura 3. 3 : Longitud de los vehículos de diseño	34
Figura 3. 4: Alineamiento vertical	36
Figura 3. 5: Elementos de la curva vertical	37
Figura 3. 6 Sección transversal de la vía	39
Figura 3. 7: Dimensiones de la cuneta.....	40
Figura 3. 8: Diseño de la intersección	42
Figura 3.9: Tramo de vía limitado por secciones trasversales mixtas	43
Figura 3.11: Gráfica para hallar (a_1) en función del módulo resiente del concreto asfaltico	61
Figura 3. 12: Variación de coeficiente a_2 con diferentes parámetros de resistencia de la base granular	62
Figura 3. 13: Variación de coeficiente a_3 con diferentes parámetros de resistencia de la sub-base	63
Figura 3. 14: Espesor de las capas	64

LISTA DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1. 1: Red vial Morona Santiago	3
Tabla 1. 2: Cociente de capacidad vehicular de transporte público de las operadoras domiciliadas.	5
Tabla 1. 3: Propuestas de mejorar las condiciones del sistema vial local.....	5
Tabla 1. 4: Reducción del índice de accidentes de tránsito	6
Tabla 1. 5 Proyectos en Morona Santiago	8

CAPÍTULO II

Tabla 2. 1 : Datos de los puntos de coordenada de la poligonal principal	15
Tabla 2. 2: tabla de pendientes	18

CAPÍTULO III

Tabla 3. 1: Censo volumétrico de tráfico.....	21
Tabla 3. 2: Factores equivalentes en función de los vehículos de diseño	22
Tabla 3. 3: Cálculo del total de vehículos de diseño.	25
Tabla 3. 4: Clasificación de carreteras.....	28
Tabla 3. 5: Velocidad de circulación en Km/h	29
Tabla 3. 6: Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínima para parada de un vehículo (m)	29
Tabla3. 7: Radios mínimos para el diseño.....	31
Tabla 3. 8: Radios mínimos en función del peralte	32
Tabla 3. 9: Sentido de la curva y Puntos de intersección del proyectó.....	35
Tabla 3. 10: Principales elementos del alineamiento horizontal del proyecto	35
Tabla 3. 11 Gradientes longitudinales máximas permitidas para el diseño (porcentaje)	36
Tabla 3. 12 : Componentes del alineamiento vertical.....	39
Tabla 3. 13 Radios mínimos en las intersecciones.	41
Tabla 3. 14: Detalle de la intersección en T	42
Tabla 3. 15: Áreas y volúmenes de corte del proyecto	46
Tabla 3. 16: Tasas de crecimiento de tráfico	49
Tabla3. 17: Factor de distribución direccional para camiones en porcentaje	49
Tabla 3. 18: Factor de distribución por carril	50
Tabla 3.19: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $P_t=2.5$	52
Tabla 3. 20 : Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tandem, $P_t=2.5$	53
Tabla 3.21: Determinación del número de ESAL's	54
Tabla 3. 22: Elementos para el cálculo de los <i>ESAL's</i>	54
Tabla 3. 23: Niveles recomendados de confiabilidad (R).....	55
Tabla 3. 24: Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de confiabilidad.....	56
Tabla 3.25: Valores recomendado para la desviación estándar (S_o).....	56
Tabla3. 26: Elementos para el diseño de pavimentos	60

Tabla 3. 27: Valores de (mi) recomendados para modificar los coeficientes de capas de base y sub-base granulares	63
Tabla 3. 28 : Espesores para el diseño de pavimentos	64
Tabla 3. 29: Número estructural	64

RESUMEN:

Macas, capital de la provincia de Morona Santiago, es la cabecera del cantón Morona. Situada al sur oriente del Ecuador, a una altura de 1020 metros sobre el nivel del mar. Esta ciudad con el transcurso del tiempo se ha ido desarrollando, aumentando su población y con esto el tránsito vehicular, ocasionando un alto nivel de congestionamiento e impidiendo la salida e ingreso de vehículos por la vía que conecta la ciudad de Sucua con la provincia de Pastaza, ya que para llegar a estos destinos se debe ingresar al centro de Macas, es por ello que el Gobierno Municipal del Cantón Morona ha visto la necesidad de incrementar vías que mejoren las condiciones del tránsito. Uno de estos proyectos es la Av. Remigio Madero.

Para realizar el diseño se ha tomado en cuenta normas y los aspectos relacionados con la Planificación Vial existente, contribuyendo a mantener actualizada dicha planificación, con el fin de mejorar las condiciones de esta vía, permitiendo el libre ingreso al nuevo terminal terrestre y las ciudades aledañas.

Palabras clave: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, VELOCIDAD DE DISEÑO, CURVATURA HORIZONTAL, PAVIMENTOS FLEXIBLES

ABSTRACT:

Macas, capital of the province of Morona Santiago, is the head of the Morona canton. Located in the south eastern part of Ecuador, at an altitude of 1020 meters above sea level. This city over time has been evolving, increasing its population and thereby vehicle transit, causing a high level of traffic congestion and impeding the entry and exit of vehicles on the road that connects the city of Sucua with the province of Pastaza, because of this to get to these destinations it is necessary to access the downtown of Macas, it is why the Municipal Government of Guangzhou Morona has seen the necessity to increase ways to improve traffic conditions. One of these projects is the Remigio Madero Avenue.

To perform the design it has been taken into account standards and aspects related to the existing Highway Planning contributing to maintain such planning, in order to improve the conditions of this route, allowing the free entry into the bus station and surrounding towns.

Keywords: LAND SURVEY, DESIGN SPEED, HORIZONTAL CURVATURE, FLEXIBLE PAVEMENT

CAPITULO I

1. ANTECEDENTES DEL GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTÓN MORONA

1.1 DATOS HISTÓRICOS.

El Municipio del Cantón Morona de la Provincia de Morona Santiago, fue creado mediante Decreto Legislativo publicado en Registro Oficial 172 del 25 de marzo de 1897 y toma el nombre de Gobierno Municipal del Cantón Morona mediante ordenanza aprobada en segunda instancia el 28 de septiembre de 2009, según datos tomados de un Informe del examen especial de seguimiento de recomendaciones realizada por Auditoría Interna del Gobierno Municipal del Cantón Morona (p, 2).

1.1.1 MISIÓN

“Promover la participación ciudadana, mediante una legislación que procura el buen vivir de sus ciudadanos, respeta el ambiente y la diversidad cultural del cantón; ejecuta y fiscaliza las obras y servicios con transparencia, promoviendo el desarrollo cantonal en forma planificada y sustentable.”(p, 2)

1.1.2 VISIÓN

“El cantón Morona al 2019, será un territorio de convergencia y equilibrio, constituido por una población intercultural que brinda servicios de calidez a propios y extraños, cuyos asentamientos se fortalecen de manera ordenada en un entorno natural y en armonía con las actividades productivas que permiten el aprovechamiento eficiente de sus recursos naturales, fortalecidos por un potencial energético y vial, esto en un marco de cogestión y corresponsabilidad institucional y social.”(p, 3)

1.1.3 OBJETIVOS INSTITUCIONALES

- “Contribuir al fomento y protección de los intereses locales, mediante la aplicación de las leyes, formulación e implementación de ordenanzas y resoluciones municipales.
- Impulsar el desarrollo físico, económico, social y cultural del cantón, sus áreas urbanas y rurales, realizando obras y prestando servicios.
- Acrecentar el espíritu de integración de todos los actores sociales y económicos, el civismo y la confraternidad de la población para lograr el crecimiento y el progreso del cantón.
- Atender los problemas que enfrenta el Gobierno Local en lo social, político y económico, por medio de la integración y participación ciudadana”.(p.3)

En función al objetivo de impulsar el desarrollo físico, económico, social y cultural del cantón, sus áreas urbanas y rurales, realizando obras y prestando servicios; Se ha realizado un vínculo con la alcaldía del cantón Morona y un estudiante de la Universidad Católica de Cuenca para poder realizar un diseño de una vía en la parte sur-este de la ciudad de Macas, con el fin de mejorar el desarrollo del cantón Morona.

1.2. SÍNTESIS DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN MORONA

1.2.1 DIAGNÓSTICO – MOVILIDAD

La mayor parte de los desplazamientos en el territorio son terrestres, siendo el vehículo el medio más utilizado en la población, ante esta situación el sistema vial no ha presentado alternativas que permitan el fortalecimiento de un espacio para el transporte alternativo.

El cantón Morona cuenta con un sistema vial constituido por redes de diversas jerarquías que se distribuyen en el territorio y facilitan la conexión con los diferentes asentamientos humanos.

JERARQUÍA	LONGITUD (Km)	CAPA DE RODADURA	ESTADO
Primarias o corredores arteriales (primer orden) E45	39,73	Asfalto	Bueno-regular
Secundarias o colectoras (segundo orden) E46	74,72	Asfalto	Bueno-regular
Tercerías y caminos vecinales (tercer orden)	186,38	Lastre - Tierra	Regular-Malo
Senderos y trochas	298,44	tierra	Malo
TOTAL	599,27		

Tabla 1. 1: Red vial Morona Santiago

Elaboración: Investigador.

Fuente: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona.

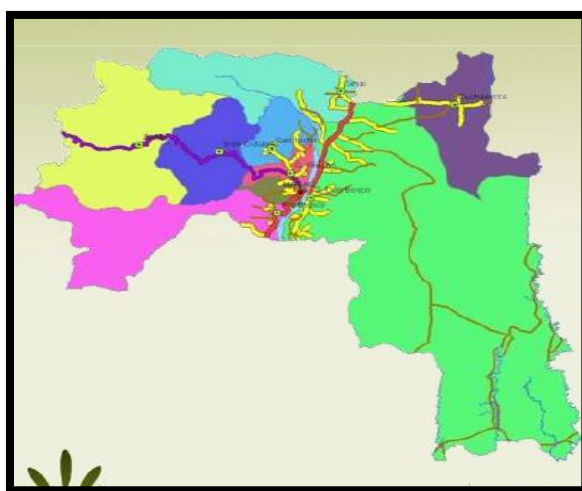


Figura 1. 1: Mapa de las redes según su jerarquía

Elaboración: Investigador.

Fuente: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona.

Estado de la red vial del cantón Morona:

EXISTE EN TOTAL (599,27 KM) → (100%)

COBERTURA PROMEDIO (CANTÓN) → 82,56%

Malo: 37,16%

Regular: 25,95%

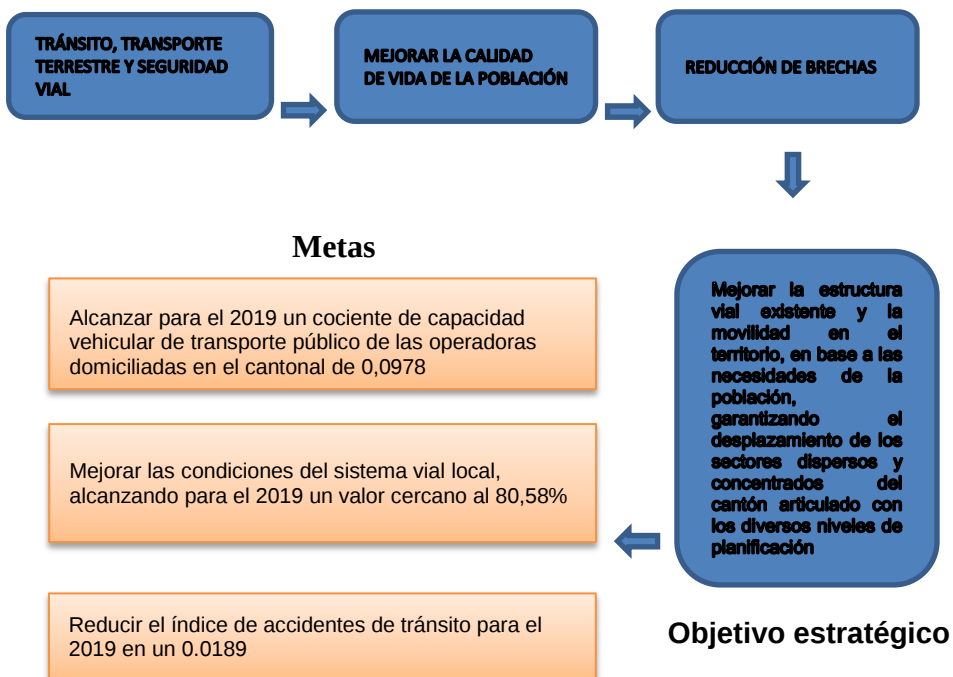
Bueno: 18,53%

1.2.2 PROPUESTA – MOVILIDAD

Competencia

objetivo

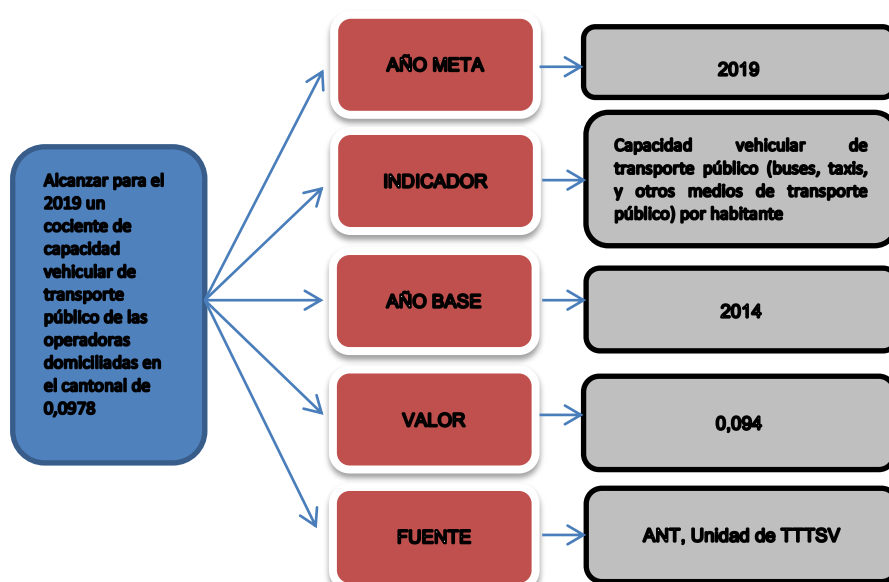
Eje de desarrollo



Elaboración: Investigador

Fuente: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona

META 1



Elaboración: Investigador

Fuente: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona

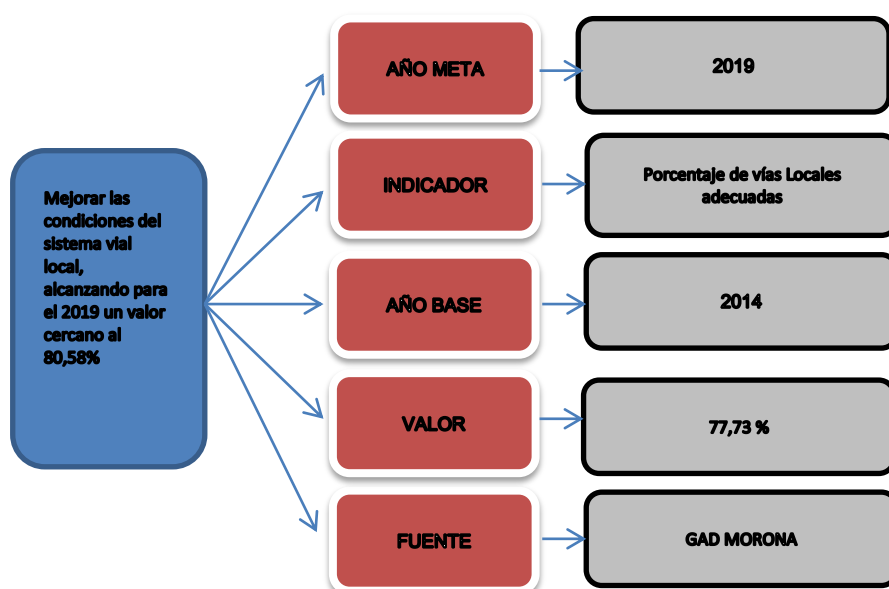
AÑO	UNIDAD	VALOR
2015	Puestos (asientos) / habitante	0.0951
2016		0.0958
2017		0.0964
2018		0.0971
2019		0.0978

Tabla 1. 2: Cociente de capacidad vehicular de transporte público de las operadoras domiciliadas.

Elaboración: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona

Fuente: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona

META 2



Elaboración: Investigador

Fuente: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona

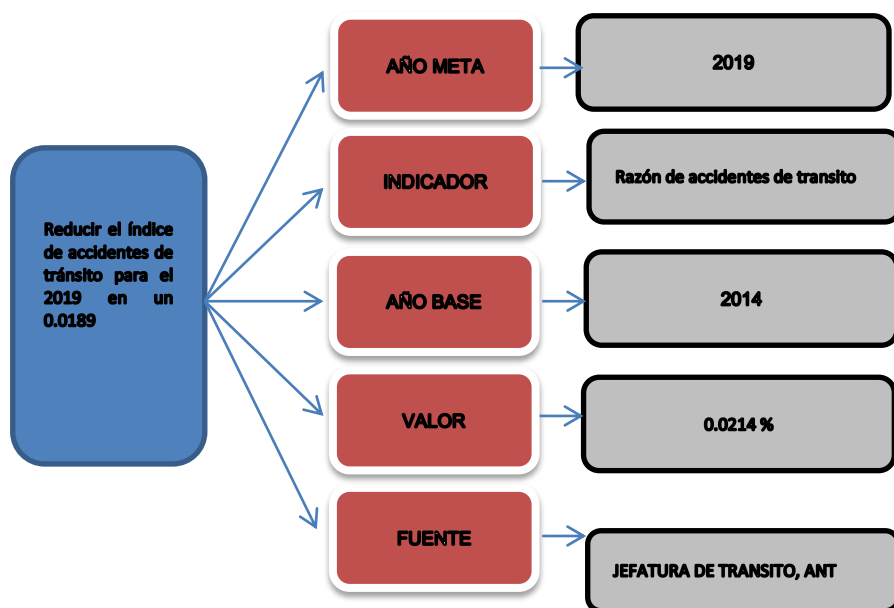
AÑO	UNIDAD	VALOR
2015	Porcentaje	78,68%
2016		79,15%
2017		79,63%
2018		80,10%
2019		80,58%

Tabla 1. 3: Propuestas de mejorar las condiciones del sistema vial local

Elaboración: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona

Fuente: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona

META 3



Elaboración: Investigador

Fuente: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona

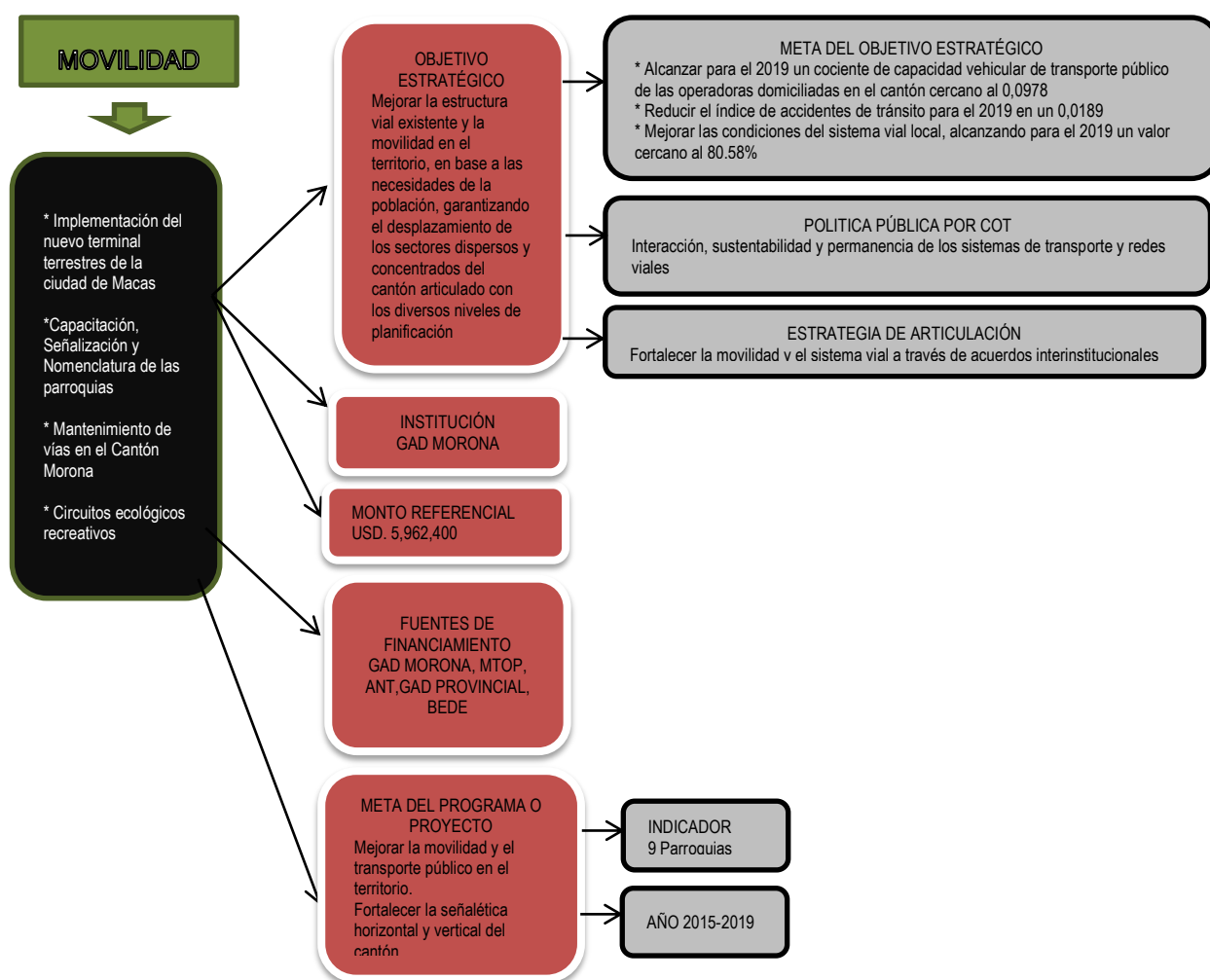
AÑO	UNIDAD	VALOR
2015	Porcentaje	0,0209
2016		0,0204
2017		0,0199
2018		0,0194
2019		0,0189

Tabla 1. 4: Reducción del índice de accidentes de tránsito

Elaboración: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona

Fuente: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona

1.2.3 MODELO DE GESTIÓN- MOVILIDAD



Elaboración: Investigador

Fuente: Plan cantonal de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Morona

1.3 ÁREA VIAL Y CONECTIVIDAD

1.3.1 PROYECCIONES VIALES EN EL SECTOR

Según el Plan de Desarrollo Estratégico de Morona Santiago nos dice:

El sistema vial de Macas, establece irregularidades en el funcionamiento de la infraestructura vial, se debe a las características geométricas de las vías, y las condiciones físicas que actualmente padecen, en contraste con las ideas de desarrollo que se orientan para el futuro de la ciudad tanto de los habitantes como del equipo planificador y la institución Municipal.

El proceso de crecimiento, urbanístico que se ha dado de manera polarizada en los sectores Norte y Sur ha motivado una apertura de una serie de vías y caminos, a las mismas que se les deberá dar las secciones de calzada óptima, un diseño investigativo para cada sector o tramo dependiendo de las características del lugar, como también un mayor mantenimiento de la infraestructura.

La falta de homogeneidad en la cobertura de la red vial sobre el suelo urbano es otro aspecto que caracteriza al conjunto de vías de los sectores no céntricos de la ciudad, que demandan accesibilidad al predio urbano.

El objetivo será, en síntesis, replantear la estructura actual, dando a los espacios urbanos un carácter de eficiencia que aporte visual y espacialmente, a la calidad del paisaje urbano, dando énfasis al uso peatonal que soporta esta infraestructura.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS	PROGRAMAS	PROYECTOS
CONECTIVIDAD	Red vial	1. Vía Macas-Riobamba
		2. Troncal Amazónica
		3. Vía Macas-Cuenca
		4. Vías de acceso al nuevo terminal terrestre

Tabla 1. 5 Proyectos en Morona Santiago

Elaboración: investigador

Fuente: Plan de Desarrollo Estratégico de Morona Santiago

1.3.2 ÁREA DE EXPANSIÓN URBANA EN EL SECTOR

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Estratégico de Morona Santiago se establece que: Macas en su parte urbana, posee una superficie aproximada de 394.03 ha, su actual configuración física da a notar que es una ciudad longitudinal con un crecimiento diseccionado de Sur a Norte, por encontrarse delimitada naturalmente por el

río Jurumbaino al Oeste, el sistema Copueno- Upano al Este y al Oeste la presencia del cerro Quílamo.

Por compatibilidad de uso de suelo y similitud en las estructuras urbanas, se ha dividido a la ciudad en 11 zonas.

El límite urbano de la ciudad de Macas según el plan regulador, realizado en los años 80, delimitó el perímetro urbano, usando dos ejes transversales hacia el Norte y Sur de la ciudad. Al momento estos límites han sido rebasados por el crecimiento de la ciudad por lo que en el mes de abril de año 2016 mediante ordenanza municipal, el concejo cantonal de Morona, delimitó a la ciudad en su parte urbana y de expansión Urbana quedando bien definido éstas áreas que permitirán la planificación Urbanística de la ciudad, sea a través de la apertura de nuevas vías y calles, así como el uso y ocupación del suelo en toda la ciudad.

En esta ordenanza se hace constar hitos geográficos, ecológicos y artificiales precisos de Macas, tales como vías, puentes, ríos, barrancos y riveras a proteger; la apertura de nuevo ejes viales, así como el control del área natural del Quilamo y del proceso de conurbación con la parroquia Proaño, servirán para la Planificación ordenada y progresiva del territorio de la ciudad de Macas.

1.3.3 ZONAS DE PLANIFICACIÓN EN EL SECTOR

En el Plan de Desarrollo Estratégico de Morona Santiago se indica que para la ejecución de la planificación urbanística de la ciudad de Macas, se ha dividido en 11 zonas, y una de ellas es la zona No 3 en donde se implantará el proyecto de trazado vial por lo que se hace constar únicamente aspectos relacionados con esta zona.

Está delimitada al Norte por la calle Manuel Moncayo, al Sur por la zona 2 en una calle sin nombre, al Oeste por la Av. Luis Felipe Jaramillo, al Este por el río Upano, se caracteriza por tener una topografía con pendientes planas, razón por la cual tanto las

manzanas como los lotes se encuentran dispuestos sobre una trama ligeramente regular. La mayoría de las edificaciones son de uno y dos pisos en esta zona se encuentra emplazada, el antiguo asilo de ancianos que actualmente es ocupada por el centro educativo Tiwintza.

El uso de suelo que predomina en esta zona es residencial. Comprende 27 manzanas las cuales no están bien delimitadas, la mayoría de ellas sin aceras ni bordillo, 108 viviendas, 356 habitantes, tiene una densidad neta de 1.83 hab/ha.

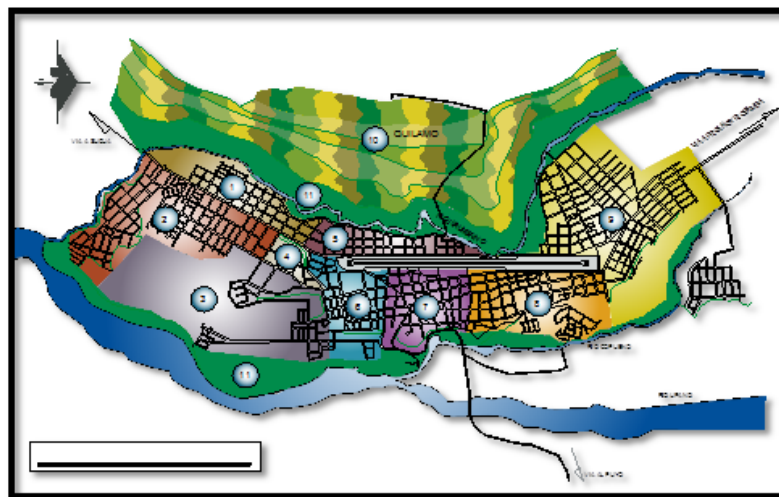


Figura 1. 2 Mapa de la ciudad de Macas dividido en zonas

Elaboración: Investigador

Fuente: Plan de Desarrollo Estratégico de Morona Santiago

1.3.4 TEMAS RELACIONADOS CON EL TRAZADO VIAL Y USO DEL SUELO EN EL SECTOR

En el Plan de Desarrollo Estratégico de Morona Santiago se hace constar que en el sector existirán dos anillos viales que servirán para comunicar entre si las parroquias del cantón Morona con sus territorios de influencia, por lo que se ha proyectado ejecutar vías como:

- Vías de cinturón exterior Sur-Oeste, circunvalando las parroquias de: Macas, Rio Blanco y General Proaño, dando acceso al transporte de productos, derivando

el tránsito hacia las vías interprovinciales para descongestionar el tránsito en el área urbana.

- Vía de cinturón exterior en la parte Sur-Este, circunvalando las parroquias de: Macas, Sevilla y Rio Blanco, derivando el tránsito hacia las vías interprovinciales y creando un acceso directo al Terminal Terrestre.

Para determinar el sistema vial, se tomó como aspectos importantes la nueva jerarquización funcional, diseño de la circulación vehicular y señalización recomendada.

Ya que la vía en la parte Sur- Este de la ciudad de Macas no se encuentra diseñado, habiendo solamente ciertos tramos abiertos para el acceso de los vehículos por lo que ha sido necesario realizar un estudio preliminar para el diseño.

CAPÍTULO II

2. CRITERIOS Y MÉTODOS GENERALES EN TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA VIAL

2.1 ANTECEDENTES DE LA ZONA EN ESTUDIO

La vía en estudio se encuentra en la parte Sur-Este de la ciudad de Macas, la cual se desea diseñar debido a la construcción del nuevo terminal terrestre, para que brinde un acceso directo a los vehículos y que estos no entren innecesariamente al centro de la ciudad.

La vía actualmente se encuentra abierta en tramos aproximadamente de unos 1582m.

- En la parte inicial el tramo tiene una longitud 228 m con un ancho de 8 m, como se indica en la figura 2.1.
- En la parte final del proyecto, el tramo 2 se encuentra con una longitud de 1354 m con un ancho de 6 m, la cual permite el acceso de vehículos por dos carriles a la zona, transitando por esta más vehículos pesados, debido a que se encuentra en esa parte un cantera de materiales pétreos (figura 2.1).

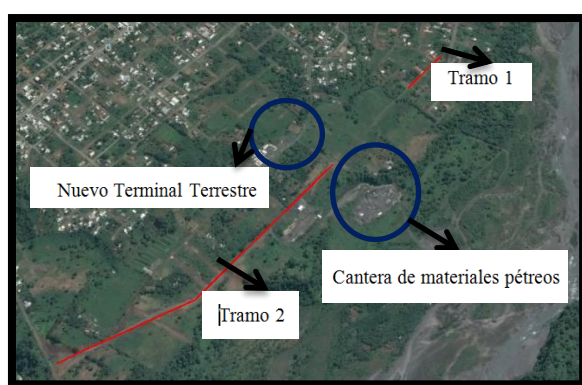


Figura 2. 1: zona en estudio

Elaboración: Investigador

Fuente: Plan de Desarrollo Estratégico de Morona Santiago

Los accesos a la vía han sido abiertos en base a estudios preliminares hechos por el Gobierno Municipal del cantón Morona pero estos no cuentan con los diseños de curvatura horizontales, ni diseños verticales. Por ello renovamos el trazado actual cumpliendo normas geométricas de diseño, mejorando las condiciones.

2.2 EJE DE LA VÍA

El Gobierno Municipal del cantón Morona, ha realizado ya estudios previos para la selección de la ruta, en los cuales contaron con trazados de alternativa, seleccionando la más adecuada.

Para establecer la alternativa, se ha realizado las siguientes evaluaciones geológica, ambiental, tenencia de suelo y topográfica, estratégica y económica. De manera que los técnicos del departamento de planificación de obras de la Municipalidad del cantón Morona han optado por la ruta que empieza desde el sector la barranca hasta la calle Hermita.

Las principales características que fueron establecidos durante la ejecución de los estudios de la vía son los siguientes:

Se desarrolla totalmente dentro del área urbana de la ciudad de Macas, desde el sector denominado La Barranca hasta la calle Hermina, esta vía es de doble eje cuyo ancho total de 22.00 m está distribuido de la siguiente manera: 7.50 m de calzada de cada eje, un parterre central de 3 m de ancho y veredas de 2 m a cada lado. La topografía predominante muestra un relieve plano. Las pendientes longitudinales por donde se desarrolla la vía fluctúan entre el 0.5% y el 3 %.

2.3 DETALLES TOPOGRÁFICOS DE LA FRANJA

Una vez fijada la ruta en el cual va a ir la vía, se realizó a lo largo de esta un levantamiento topográfico de la franja del terreno de 50 metros de ancho. Para su

ejecución se ha procedido a ver los puntos de partida del proyecto, tomando como referencia los puntos BM para poder ubicarnos de acuerdo al plano de la ciudad. Una vez ubicada la zona de estudio del proyecto se parte de un punto de coordenadas Norte **9743473.262**, este **820601.155**; y otro punto para ubicar la azimuth de coordenadas Norte **9743308.206**, Este **820556.659**, abscisandola entre tramos largos debido a que el terreno se encuentra en una zona plana.

Las coordenadas de los puntos de la poligonal principal son como se muestra en la tabla2.1

Punto	Norte	Este	Elevación
1	9743473.262	820601.155	978.91
2	9743308.206	820556.659	972.33
3	9743265.955	820554.064	970.91
4	9743165.027	820510.948	963.02
5	9743029.893	820382.620	962.37
6	9742898.279	820257.112	960.82
7	9742832.502	820186.188	963.13
8	9742742.769	820099.476	961.41
9	9742695.443	820063.753	959.62
10	9742674.919	820045.584	959.79
11	9742637.785	819983.160	962.92
12	9742580.106	819949.635	960.47
13	9742462.168	819853.383	959.16
14	9741990.744	819413.620	957.60
15	9741937.491	819246.365	964.39
16	9741812.883	819003.728	964.21
17	9741795.594	818973.048	963.70
18	9741743.222	818889.540	959.64

Tabla 2. 1 : Datos de los puntos de coordenada de la poligonal principal

Fuente: investigador
Elaboración: investigador

2.4 LEVANTAMIENTO Y NIVELACIÓN CON LA ESTACIÓN TOTAL

Por medio de una Estación Total Trimble M3 (figura 2.2), de excelente grado de precisión, se hizo el levantamiento de una poligonal de 17 puntos. Utilizando respectivos cambios de estación hasta llegar al final del tramo.

Con el mismo instrumento se toma los puntos respectivos para poder realizar la franja topográfica, con las respectivas coordenadas y elevaciones con la mayor precisión posible. Para mantener la estructura del levantamiento se ha estacionado el aparato en la abscisa anterior y se le ha cerrado con el punto de intersección más cercano con el fin de ir concatenando la poligonal.



Figura 2. 2: Estación total empleada en el proyecto

Fuente: investigador
Elaboración: investigador

2.5 LÍMITES DE CIERRE EN LA POLIGONAL EN EL DISEÑO VIAL

La poligonal abierta o de enlace con control que fue utilizada, haciendo que las nivelaciones se cierren como mínimo a cada 500 metros con una precisión de $\pm 0.005\text{m}$ por km. La forma en la que ha sido controlada el cierre fue poniendo estacas en cada cambio de estación desde la abscisa inicial hasta la final, permitiendo el avance de cierta longitud y se regresaba al punto establecido como inicial para ir haciendo varias

poligonales cerradas con el fin de que cumplan con la precisión establecida.

2.6 LEVANTAMIENTO DE LOS PUNTOS A DETALLE

El levantamiento de los puntos fue realizado a detalle para tener en cuenta en el proyecto:

- Edificaciones (emplazamiento)
- Cerramientos, cercas o linderos
- Zonas o filas de árboles
- Taludes, señalando pie y cabecera
- Postes de energía eléctrica
- Cauces
- Longitud de la vía
- Área
- Otros elementos construidos o naturales que por su importancia deban ser restituidos

También se tomaron puntos suficientes para restituir las curvas de nivel, de manera tal que se refleje el área topografía del terreno.

2.7 CÁLCULO Y DIBUJO

A partir de la información levantada en campo con la estación total, se ha descargado en formato de valores separados por comas de Microsoft Excel (.csv). Una vez obtenido los datos se los ha transportado al software AutoCAD Civil 3D donde se han realizado las curvas de nivel, a escala 1:500 con diferencia de cota de un metro, basándonos en el método de interpolación de triangulación (anexo A, anexoB).

2.7.1 PENDIENTES

El terreno se encuentra en una zona plana con un promedio de pendientes longitudinales de 1.21%.

El cálculo fue realizado cada 100 metros, con base en las curvas de nivel obtenidas mediante el software AutoCAD Civil 3D, obteniendo 21 pendientes longitudinales (tabla 2.2) y de todos los datos se sacó el promedio respectivo. Contando con pendientes máximas 4.05% y mínimas 0.07%

Cota inicial	Cota final	Pendientes
963.869	962.58	1.29%
962.58	962.209	0.37%
962.209	961.079	1.13%
961.079	962.481	1.40%
962.481	960.872	1.61%
960.872	959.741	1.13%
959.741	959.873	0.13%
959.873	959.803	0.07%
959.803	960.212	0.41%
960.212	957.703	2.51%
957.703	956.622	1.08%
956.622	958.054	1.43%
958.054	957.647	0.41%
957.647	957.335	0.31%
957.335	958.99	1.65%
958.99	962.011	3.02%
962.011	963.498	1.49%
963.498	964.098	0.60%
964.098	963.919	0.18%
963.919	962.779	1.14%
962.779	958.727	4.05%
Promedio de pendientes		1.21%

Tabla 2. 2: Tabla de pendientes

Elaboración: investigador

Fuente: investigador

CAPITULO III

DISEÑO GEOMÉTRICO

3.1 DATOS PARA EL DISEÑO

Para el diseño y la localización de una carretera se deberá tener en cuenta los diferentes aspectos según la NEVI-12 MTOP (2013):

- a) Las características del terreno relacionado como la topografía, como son: las pendientes y cauces.
- b) El tránsito y la velocidad de diseño, así como los tipos de vehículos que van a circular, la jerarquía funcional de esta, es decir los aspectos que permiten estructurar el diseño geométrico.

3.1.1. TOPOGRAFÍA

Según la norma ecuatoriana vial NEVI-12 MTOP (2013) volumen 2: “La topografía es un factor principal de la localización física de la vía, pues afecta su alineamiento horizontal, sus pendientes, sus distancias de visibilidad y sus secciones transversales” (p.49).

En el tramo que es objeto de este estudio, la característica del terreno es en su mayor parte plano, debido a que sus pendientes longitudinales no son mayores al 3%.

La pendiente promedio de nuestro terreno es del 1.21%, la cual facilita el trazado del proyecto en todo su diseño geométrico y el movimiento de tierras será menor, aspecto que será tomado en cuenta al momento de cuantificar los diferentes rubros que se requerirá para implantar el proyecto, así como también permite prever que la vía será segura y cómoda para los usuarios.

3.1.2 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

Es el tránsito total que circula en una carretera durante un año dividido para 365.

Se prevé que la determinación del tránsito dependerá de la planificación que realice el departamento de Tránsito y seguridad vial de la Municipalidad, sin embargo desde ya se avizora que esta vía será una de las más transitadas de la ciudad, debido a que por este tramo constituirá un paso lateral por el sector sur-este de la ciudad de Macas, hacia la provincia de Pastaza, así como también ayudara el ingreso a las vías colectoras que se conectarán con el nuevo Terminal terrestre que actualmente se encuentra en proceso de construcción, esto sin perjuicio de que en el futuro se pueda contar con estudios y ordenanzas específicas sobre este tema.

3.1.3. CENSOS VOLUMÉTRICOS.

Para la vía en estudio, se tomó como referencia las zonas estratégicamente establecidas por la Municipalidad del cantón Morona. El lugar donde se realizó el aforo se muestra la figura 3.1. se debe indicar que para la verificación del flujo vehicular se tomó como referencia la única vía principal de ingreso a la ciudad de Macas, de donde se partió para establecer el área de influencia y demostrar que la vía objeto de estudio, se convertirá en una de las principales de la ciudad, garantizando que servirá para descongestionar el tránsito interno de la ciudad de Macas y facilitará el transporte interprovincial.



Figura 3. 1: Gráfico de la zona donde se realizó el censo volumétrico

Fuente: investigador

Para conocer el TPDA del proyecto, se hizo un censo volumétrico de tráfico durante 7 días, del lunes 15 de febrero a domingo 21 de febrero del año 2016, durante 12 horas diarias desde las 8:00 AM hasta las 8:00 PM, datos que se muestra en la tabla 3.1.

DATOS DE CONTEO DE TRÁFICO										
TIPO DE VEHÍCULO	Nº DE EJES	SILUETA	lunes 15/02/2016	martes 16/02/2016	miércoles 17/02/2016	jueves 18/02/2016	viernes 19/02/2016	sábado 20/02/2016	domingo 20/02/2016	total de vehiculos
AUTOS			850	828	797	861	812	203	246	4597
2DA	2 ejes simples 4 Ruedas		85	72	93	67	56	12	15	400
2DB	2 ejes simples 6 Ruedas		58	60	55	56	61	34	36	360
3A	1 eje simple 1 eje tandem		12	15	6	9	10	2	1	55

Tabla 3. 1: Censo volumétrico de tráfico

Elaboración: investigador

3.1.3.1 VEHÍCULO DEL DISEÑO.

Según la norma ecuatoriana vial NEVI-12 MTOP (2013) volumen 2: “El vehículo de diseño es un tipo de vehículo cuyo peso, dimensiones y características de operación se usan para determinar los controles de diseño que se acoplen a vehículos del tipo designado. El vehículo de diseño debe ser uno establecido, utilizando un factor de conversión equivalente” (p, 56).

La AASHTO 93 establece los siguientes vehículos de diseño: “el P (automóvil o de pasajeros), el SU (camión sencillo), el BUS, el A-BUS (bus articulado), el MH (maquinaria para acarreo de material)” (p, 26).

Para el desarrollo de este proyecto vial se tomará las equivalencias correspondientes a tabla 3.2 que se describe seguidamente:

TIPO DE VEHÍCULO		Factor de equivalente
Automóvil		1 vehículos de diseño
Camión sencillo		1.76 vehículos de diseño
A-BUS		2.02 vehículos de diseño
3A		2.02 vehículos de diseño

Tabla 3. 2: Factores equivalentes en función de los vehículos de diseño

3.1.3.2 CÁLCULO DEL (TPDA)

Luego de la construcción de la vía que es objeto de esta investigación, tendrá ciertas características específicas como: tráfico compuesto, desviado, proyectado, desarrollado y generado. El cálculo del TPDA (Ec. 3.1), dependerá del censo volumétrico.

Las ecuaciones utilizadas para cálculo del TPDA se toman según el libro de Rafael Cal y Mayor R

$$\text{TPDA} = T_p + T_D + T_d + T_G \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Dónde:

T_d = Tráfico desviado

T_p = Tráfico proyectado

T_D = Tráfico desarrollado

T_G = Tráfico generado

Tráfico actual:

El tráfico actual en nuestra vía no es significativo, ya que esta no se encuentra completamente construida y con condiciones favorables.

Para poder realizar el análisis, se hizo un censo volumétrico de una vía con las mismas características, con lo que determinaremos el tráfico.

Tráfico Desviado:

Este tránsito será el atraído de otras carreteras una vez que la vía este construida, por el motivo de ahorro de tiempo, comodidad y mejor accesibilidad al nuevo terminal terrestre.

Tráfico proyectado.

La NEVI -12 nos dice “es difícil determinar la vida útil de una carretera puesto que cada una de sus partes está sujeta a variaciones en su vida esperada, por varias causas, como obsolescencia, cambios inesperados en los usos del terreno, etc. se considera que la zona o derechos de vía tienen una vida de 100 años, pero para cálculos económicos el pavimento, entre 10 a 30 años” (p.51).

Para el estudio de tráfico proyectado se considerará en un rango del 10 a 30 años con la finalidad de poder realizar el cálculo de pavimentos más adelante.

Tráfico desarrollado.

Debido al crecimiento de la zona, la construcción del nuevo terminal y el mejoramiento de la vía, en el sector se producirá un tráfico de desarrollo acelerado, cuyo efecto no se produciría si la vía no se construye.

Tráfico generado.

El tráfico generado estará constituido por aquel número de viajes que se efectuarían sólo si la construcción del proyecto ocurre.

El tráfico generado se producirá dentro de los dos años siguientes, con la terminación de construcción de la carretera.

A continuación procederemos al cálculo de los elementos. Para obtener el TPDA

Los vehículos de diseño para la obtención del tráfico actual se obtienen de la tabla 3.3, la cual fue realizada según el censo volumétrico de tráfico y el factor de equivalencia.

TIPO DE VEHÍCULO		Factor de equivalente	Vehículo de diseño
automóvil	657	1	657
Camión sencillo	57	1.76	100
A-BUS	51	2.02	103
3A	8	2.02	17
Total de vehículos de diseño			877

Tabla 3. 3: Cálculo del total de vehículos de diseño.

Elaboración: investigador

Fuente: investigador

El tiempo del censo volumétrico de tráfico duro 7 días.

- tráfico actual T_A :

$T_A = 877$ vehículos.

- Tráfico Proyectado T_p :

$$T_p = T_A * (1+i)^n \quad (\text{Ec. 3.3})$$

En donde:

i = tasa de crecimiento.

n = período de proyección expresado en años.

La Norma de Diseño Geométrico (MOP Ecuador 2013) indica:

“En el país, la información acerca de la tendencia histórica del crecimiento de tránsito data solo a partir de 1963 y prácticamente se carece de datos con respecto a la utilización de los vehículos automotores (vehículos-kilómetro). En consecuencia, se estima que para el Ecuador, los indicadores más convenientes para determinar las

tendencias a largo plazo sobre el crecimiento de tráfico, están dadas por las tasas de crecimiento observadas en el pasado, respecto al consumo de gasolina y diésel, así con respecto a la formación del parque automotor. En el caso de no contar con datos para establecer el crecimiento del tráfico, utilizar la tasa de crecimiento poblacional o de combustibles”. (p, 17).

Ya que en la actualidad la ciudad no cuenta con información para establecer el crecimiento de tráfico, se ha tomado en cuenta los resultados del censo 2010 de población y vivienda establecidos por el INEC, nos indica que Morona Santiago tiene una tasa de crecimiento del 2.8%.

Los diseños se basan en una proyección de tráfico de 15 a 20 años, según La Norma de Diseño Geométrico (MOP Ecuador 2013).

$$i = 0.028$$

$$n = 15 \text{ años}$$

$$T_p = 1327 \text{ vehículos.}$$

- Tráfico desarrollado T_D :

$$T_D = T_A * (1 + i)^{n-3} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

$$T_D = 1221 \text{ vehículos}$$

- Tráfico Desviado T_d :

$$T_d = 0.20 * (T_p + T_D) \quad (\text{Ec. 3.5})$$

$$T_d = 509 \text{ vehículos}$$

- Tráfico Generado T_G :

$$T_G = 0.25 * (T_P + T_D) \quad (\text{Ec. 3.6})$$

$$T_G = 637 \text{ vehículos}$$

- Tráfico Promedio Diario Anual (**TPDA**):

$$TPDA = T_P + T_D + T_A + T_G \quad (\text{Ec. 3.1})$$

$$TPDA = 3694 \text{ vehículos}$$

Las ecuaciones utilizadas en el cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA) fueron tomadas del libro de” Rafael Cal y Mayor R., INGENIERÍA DE TRÁNSITO, 8ª edición.

Debido a que el tráfico promedio anual es muy alto para la vía que se desea construir, los costos del pavimento serán elevados, se ha hablado en la Municipalidad del cantón Morona para tomar un 60% como referencia de los vehículos que van a circular por la vía, siendo el 40% el resto de los vehículos que van a entrar al centro de la ciudad.

Siendo el TPDA=2216 vehículos

3.1.4 CLASIFICACIÓN NACIONAL DE LA RED VIAL

Para el diseño de carreteras en el país, se recomienda la clasificación en función de la tabla 3.4. En la cual obtenemos la clase de carretera II según la proyección de TPDA igual a 2216 vehículos.

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Tabla 3. 4: Clasificación de carreteras

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de carreteras (Ecuador 2003)

Elaboración: Norma de Diseño Geométrico (Ecuador 2013)

3.1.5 VELOCIDAD DE DISEÑO

En su libro Chocontá Rojas (2004) nos dice:

“Es la velocidad que se escoge para diseñar los elementos de la vía que influyen en la operación de los vehículos. Esta es la máxima velocidad segura en un trayecto de vía donde las demás condiciones son tan buenas que predominan las características físicas de la misma”. (p, 50)

Luego de la entrevista con los técnicos responsables del Departamento Obras Publicas de la Municipalidad del cantón Morona, sobre las velocidades de diseño que se va a utilizar para el proyecto, se concluye que la velocidad de diseño óptima para esa vía será de un máximo de 70 Km /h, debido a la construcción del nuevo terminal que producirá tránsito lento, con el fin de evitar accidentes. En la tabla 3.5 se puede ver las velocidades de circulación de los vehículos, optando por la más rápida de 63Km/h.

Velocidad de diseño en (km/h)	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN KM/H		
	Volumen de tránsito bajo	Volumen de tránsito intermedio	Volumen de tránsito alto
25	24	23	23
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	46
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Tabla 3. 5: Velocidad de circulación en Km/h

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de carreteras (Ecuador 2003)
Elaboración: Norma de Diseño Geométrico de carreteras (Ecuador 2003)

3.1.6 MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Norma de Diseño Geométrico de carreteras (2003) nos dice:

“La capacidad de visibilidad es de importancia en la seguridad y eficiencia de la operación de vehículos en una carretera, de ahí que a la longitud de la vía que un conductor ve continuamente delante de él, se le llame distancia de visibilidad. Se discute en dos aspectos: la distancia requerida para la parada de un vehículo” (p, 180).

La distancia de visibilidad de parada se toma un valor de 180 m, recomendado por la tabla 3.6.

Criterio de Diseño: pavimentos Mojados										
					<u>Valor</u> <u>Recomendable</u> <u>Absoluto</u>			<u>Valor</u>		
<u>Clase de Carretera</u>					<u>L</u>	<u>O</u>	<u>M</u>	<u>L</u>	<u>O</u>	<u>M</u>
R-I	o R-II	>	8.000	TPDA	220	180	135	180	135	110
1	3.000	a	8.000		180	160	110	160	110	70
II	1.000	a	3.000		160	135	90	135	110	55
III	300	a	1.000		135	110	70	110	70	40
IV	100	a	300		110	70	55	70	35	25
V	Menos	de	100		70	55	40	55	35	25

Tabla 3. 6: Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínima para parada de un vehículo (m)

Fuente: Norma de Diseño Geométrico (MOP Ecuador 2003) grabe grave
Elaboración: Norma de Diseño Geométrico (MOP Ecuador 2003)

3.2 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal es la proyección de eje de la vía representado sobre un plano horizontal, para el presente proyecto se ha mantenido el trazado de la Municipalidad del cantón Morona figura 3.2.

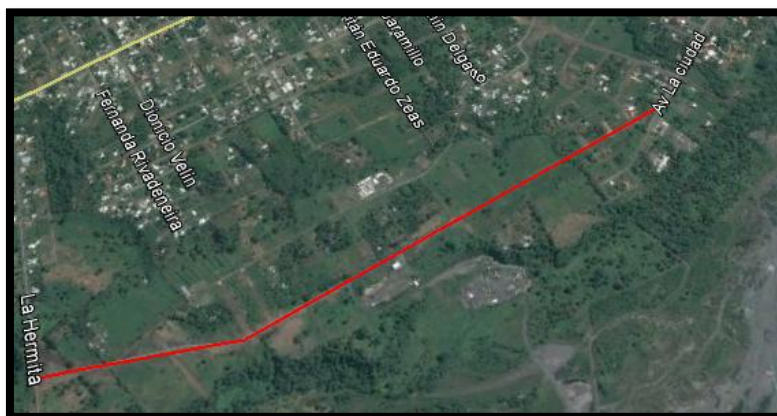


Figura 3. 2: Eje trazado pro la Municipalidad del cantón Morona calle Remigio Madero

Fuente: investigador

En su libro Chocontá Rojas (2004) nos dice “El eje está constituido por partes rectas llamadas tangentes y enlazadas entre sí por medio de curvas circulares. El punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutiva se lo llama PI y el ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se lo denomina “ α ” (alfa)” (p, 71).

3.2.1 RADIOS MÍNIMOS, PERALTE Y SUS RESPECTIVO BOMBEO

3.2.1.1 RADIO MÍNIMO

La Norma de Diseño Geométrico de carreteras (2003) define al radio mínimo de la curvatura horizontal como “el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo peralte adoptado y el coeficiente de fricción lateral”. (p35)

Ya que nuestro diseño cuenta con una curva horizontal el radio mínimo escogido para el diseño podemos ver en la tabla 3.8, en base la velocidad de diseño el cual no requiere transición.

El radio utilizado para el diseño es de 500 m

V^0 . Km/h	R^{MIN} PARA NO INTRODUCIR TRANSICIONES, m
30	90
40	160
50	250
60	400
70	500
80	700
90	800
100	1000
110	1200
120	1500

Tabla3. 7: Radios mínimos para el diseño

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de carreteras (Ecuador 2003)

Elaboración: Norma de Diseño Geométrico (Ecuador 2013)

3.2.1.2 BOMBEO

Según las normas de diseño geométrico de carreteras (2003) nos indica:

“Se denomina bombeo a la pendiente transversal que se proporciona a la corona de la carretera para permitir que el agua que cae directamente, sobre esta, escurra hacia sus espaldones. En las carreteras de dos carriles de circulación y en secciones en tangente es común que el bombeo de la capa de rodadura sea del 2% de pendiente, en las secciones en curva, el bombeo se superpone con la sobrelevación necesaria, de manera que la pendiente transversal se desarrollará sin discontinuidades, desde el espaldón más elevado al más bajo “(p, 269)

Para el diseño de igual manera se utilizará una pendiente del 2% para el bombeo

3.2.1.3 PERALTE

El uso del peralte provee comodidad y seguridad al vehículo que transita sobre el camino en curvas horizontales, por tal motivo se escogió 0.04 m/m según la tabla 3.9, cumpliendo el radio mínimo establecido para la curvatura que fue de 500 m.

Velocidad de diseño	“F” Máximo	Radio mínimo recomendado			
Km /h		e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04
20	0.35		16	20	20
25	0.315		20	25	25
30	0.284		25	36	36
35	0.266		30	45	56
40	0.221		42	46	60
45	0.206		68	70	86
50	0.190		75	80	90
60	0.165	110	120	130	140
70	0.160	160	170	185	205
80	0.140	210	230	256	280
90	0.134	275	300	330	370
100	0.130	360	375	415	466
110	0.124	430	470	520	586
120	0.120	620	670	630	710

Tabla 3. 8: Radios mínimos en función del peralte

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de carreteras (Ecuador 2003)

Elaboración: Norma de Diseño Geométrico (Ecuador 2013)

3.2.2 SOBREALCHO EN LAS CURVAS

La función del sobreancho en la curva horizontal es el de posibilitar el tránsito de vehículos con seguridad y comodidad.

Para el cálculo del sobreancho, considerando la influencia de la velocidad de tránsito y para diferentes números de carriles se utiliza la siguiente fórmula empírica según de Norma de Diseño Geométrico de carreteras (2003).

$$sa = 2 * 3.35 + s - Ac \quad (E 3.7)$$

Dónde:

Sa = Sobreancho para una calzada diferente a 6,7 m de ancho

s = Sobreancho de calzada con carril de 3.35m de ancho

R = Radio de la curva circular. Metros

L = Longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo de diseño. Metros.

V = Velocidad de diseño. Km/h

Ac= Ancho de calzada. Metros

Para el cálculo del sobreancho de calzada con carril de 3.35m de ancho

$$s = 2 \left[\left(R - \sqrt{R^2 - (L_2^2 + L_3^2)} \right) + \left(\sqrt{R^2 - L_1(L_1 + 2L_2)} - R \right) \right] + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

(Ec.3.8)

Datos:

R=500m

V=70 Km/hora

Para las Longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, se toma en cuenta según la figura 3.3

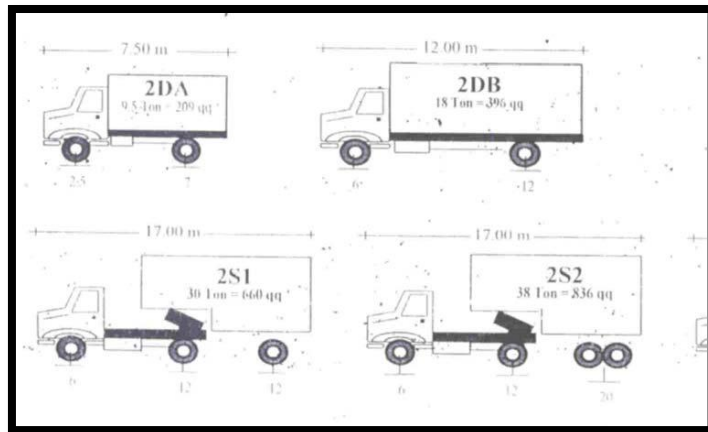


Figura 3.3 : Longitud de los vehículos de diseño

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de carreteras (Ecuador 2003)

Elaboración: Norma de Diseño Geométrico (Ecuador 2013)

$L1=7.5m$

$L2=12m$

$L3=17m$

Resolviendo según la ecuación 3.8,

$S=0.706$

Resolviendo según la ecuación 3.7

$Sa=-0.09$

Indicándonos que no se necesita sobre ancho para el diseño de la curva. Ya que el valor es negativo.

3.2.3 CÁLCULO DE LA CURVA HORIZONTAL

A continuación se procederá a calcular el Sentido de la curva y los Puntos de intersección del proyecto (tabla 3.9), así como también los elementos de la curva horizontal que fue utilizada para nuestro proyecto (tabla 3.10).

Curva		PI			
PI#	Sentido	Abscisa	Norte	Este	Distancia entre PI(m)
Inicio		0+000,0	9743125,61	820472,54	
					1355,74
1	Derecha	1+437.35	9742080,95	819483,72	
					601,04
Fin		2+120	9741761,37	818880,17	

Tabla 3. 9: Sentido de la curva y Puntos de intersección del proyectó

Fuente: Investigador
Elaboración: Investigador

PI H	Abscisa	R (m)	α	LT(m)	LC(m)	PC	PT	P.(%)	Norte	Este
Inicio	0+000,0								9743125,6	820472,5
Cur.1	1+437.35	500	18°42'20"	82.35	163.22	1+355,73	1+518,97	4	9742080,9	819483,7
Fin	2+120								9741761,3	818880,1

Tabla 3. 10: Principales elementos del alineamiento horizontal del proyecto

Fuente: Investigador
Elaboración: Investigador

3.3 ALINEAMIENTO VERTICAL

En su libro Chocontá Rojas (2004) indica “El alineamiento vertical es la proyección espacial de la vía sobre el perfil del terreno” (P, 135). Figura 3.4.

El perfil del terreno se lo ha trazado por medio de las tangentes uniendo los puntos formados de las abscisas vs cotas del eje de la vía del plano horizontal, para facilitar el proceso se ha utilizado el programa AutoCAD Civil 3D. La gradiente máxima del proyecto es de 2.90% y la mínima es de 0.5%, cumpliendo así la normativa del MOP de un máximo de 3% (Tabla 3.12) y un mínima de 0,5% por motivos de drenaje.

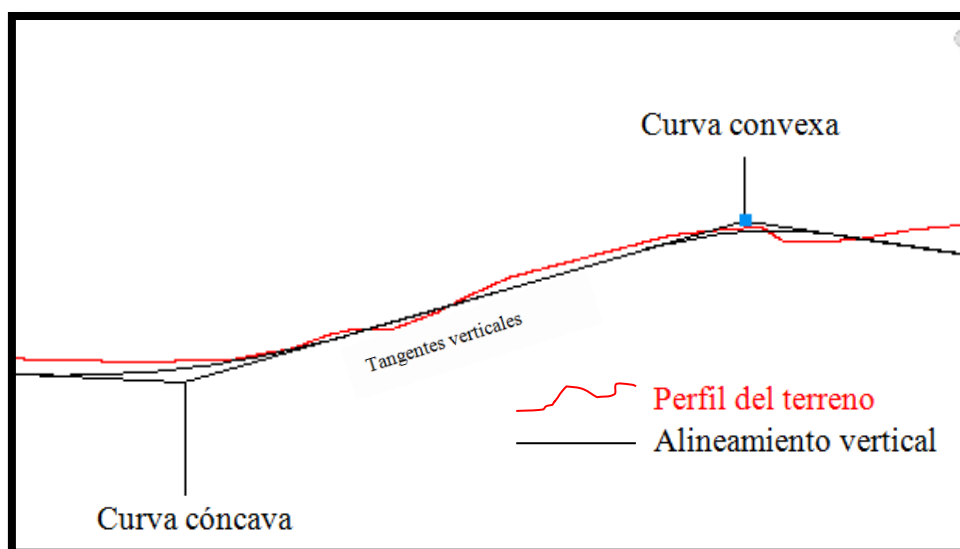


Figura 3. 4: Alineamiento vertical

Elaboración: Investigador

Clase de Carretera					Valor Recomendable			Valor Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R—I _o	R—I _{II}	>	8.000	TPDA	2	3	4	3	4	6
I	3.000	a	8.000	TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1.000	a	3.000	TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300	a	1.000	TPDA	4	6	7	6	7	9
IV	100	a	300	TPDA	5	6	8	6	8	12
V	Menos de		100	TPDA	5	6	8	6	8	14

Tabla 3. 11 Gradientes longitudinales máximas permitidas para el diseño (porcentaje)

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de carreteras (Ecuador 2003)

Elaboración: Norma de Diseño Geométrico (Ecuador 2013)

3.3.1 TANGENTES Y CURVAS VERTICALES

Cárdenas Grisales (2008) dice “Las tangentes verticales son los tramos limitados por curvas sucesivas que no deben ser mayores a la longitud crítica, la misma que es la longitud máxima sobre la cual puede operar un camión cargado en subida” (p 98).

Para la longitud crítica del proyecto se utilizará la siguiente ecuación 3.9.

$$\text{Longitud critica} = \sqrt[0.705]{\frac{240}{\text{Gradiente (\%)}}} \quad (\text{Ec3.9})$$

Chocontá Rojas (2004) indica “

“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, ayuda también a la seguridad, a la comodidad y a la mejor apariencia de la vía.” (p, 140)

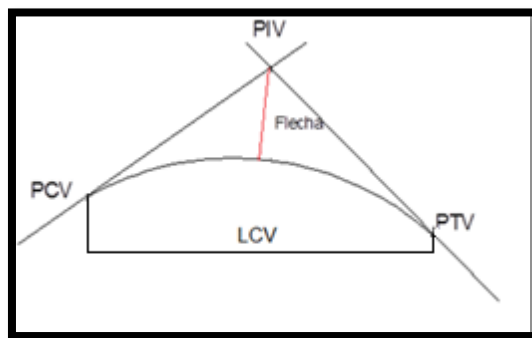


Figura 3. 5: Elementos de la curva vertical

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de carreteras (Ecuador 2003)

Elaboración: Norma de Diseño Geométrico (Ecuador 2013)

Dónde:

PCV: Principio de la curva vertical.

PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales.

PTV: Terminación de la curva vertical.

LCV: Longitud de la curva vertical

3.3.2 PARTES DE UNA CURVA VERTICAL

La Norma de Diseño Geométrico de carreteras (2003) establece:

“La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa

sobre la carretera igual a 0,15 metros” (p, 208). Se calcula con ecuación 3.10. según la Norma de Diseño Geométrico de carreteras (2003)

$$L = \frac{A * S^2}{200 * (\sqrt{H} + \sqrt{h})^2} = \frac{A * S^2}{200 * (\sqrt{1,15} + \sqrt{0,15})^2} = \frac{A * S^2}{426}$$

(Ec3.10)

Dónde:

S: Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, expresada en metros.

h: Altura del objeto sobre la superficie de la vía, metro.

H: Altura del ojo del conductor sobre la superficie de la vía.

A: Diferencia algebraica de gradiente de entrada y el gradiente de salida, porcentaje.

L: Longitud de la curva vertical convexa, metros.

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas y concavas, expresada en metros, se indica por la ecuación 3.11 según La Norma de Diseño Geométrico de carreteras (2003):

$$L_{min} = 0,6Vd \quad (Ec. 3.11)$$

Dónde:

Vd: Es la velocidad de diseño, expresada en kilómetros por hora.

Para concluir el alineamiento vertical, en la Tabla 3.12 se muestran los componentes principales del alineamiento vertical del proyecto. Además se encuentran el tipo de curva vertical, así como la diferencia de las gradientes de entrada y gradiente salida.

PI V	Abscisa	Distancia(m)	Cota del proyecto	G %	A%	Tipo de curva
inicio	0+000,0		963,2			
		1420		-0,5		
1	1+420,0		956,95		-3,40	Cónica
		320		+2,90		
2	1+740,00		964,72		4,41	Convexa
		380		-1,51		
Fin	2+120,00		959,64			

Tabla 3. 12 : Componentes del alineamiento vertical

Elaboración: Investigador

3.4: SECCIONES TRANSVERSALES

La Municipalidad del cantón Morona establece que para vías de 22 m de ancho, se utilice la sección según la figura 3.6 y estará compuesta del bombeo, cunetas, veredas y parterre.

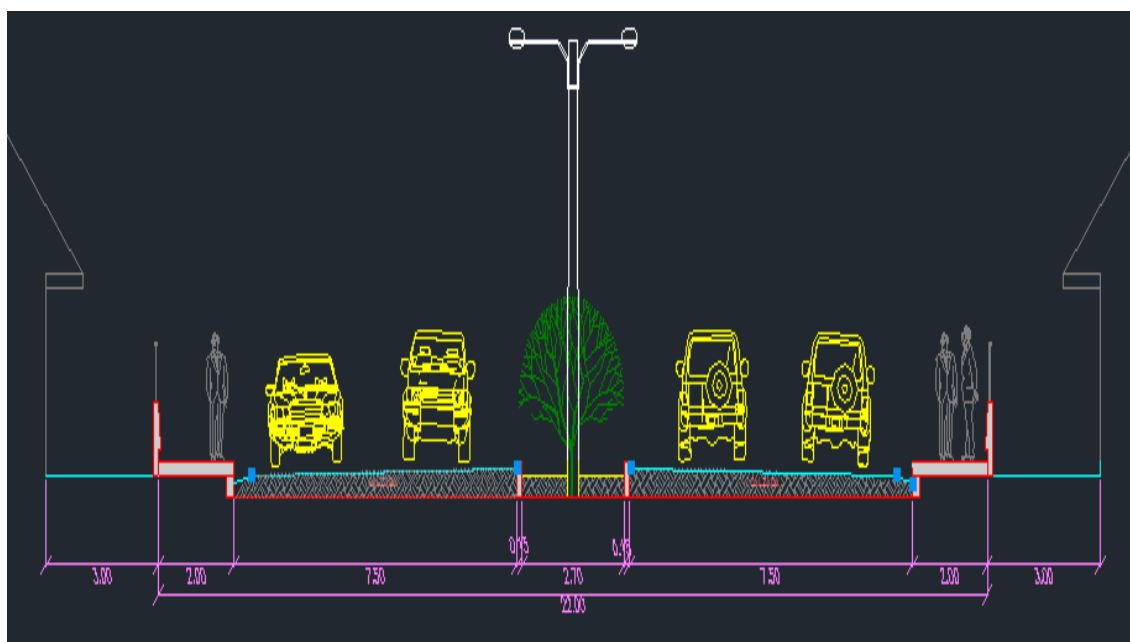


Figura 3. 6 Sección transversal de la vía

Fuente: Normas de diseño Municipalidad del cantón Morona
Elaboración: Normas de diseño Municipalidad del cantón Morona

Para el bombeo se establece una pendiente del 2% ya explicado.

3.4.1 CUNETAS, VEREDAS Y PARTERRE

Las dimensiones de las cunetas, veredas y parterre son establecidas por el departamento de planificación de obras del Gobierno Municipal del cantón Morona,

Para las cunetas se establece una sección triangular como indica la figura 3.7.

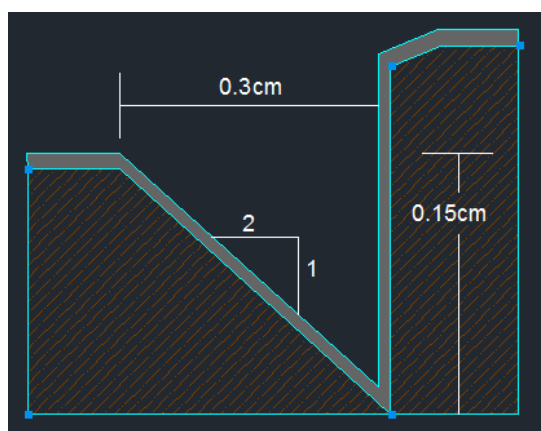


Figura 3. 7: Dimensiones de la cuneta

Fuente: Normas de diseño Municipalidad del cantón Morona
Elaboración: Normas de diseño Municipalidad del cantón Morona

Las veredas tendrán un ancho de 2 metros y el parterre tendrá un ancho de 2.70 metros, las cuales son establecidas como norma de diseño según la Municipalidad del cantón Morona.

3.5 DISEÑO DE LA INTERSECCIÓN

El manual de carreteras (diseño geométrico DG_2013) indica:

“Las intersecciones viales pueden ser a nivel o desnivel, entre carreteras o con vías férreas, en función a las características de las vías que se cruzan y los requerimientos del diseño geométrico del proyecto, seguidamente en la tabla 3.13 se pueden ver los radios mínimos para los chaflanes dependiendo del ángulo de giro entre las esquinas de la interacción”. (P, 217)

Vehículo tipo	Ángulo de giro (°)	Curva circular	Curva compuesta de tres centros simétrica	
		Radios (m)	Radios (*) (m)	Desplazamiento (m)
VL VP VA	25	18,00 30,00 60,00	----- ----- -----	----- ----- -----
VL VP VA	45	15,00 22,50 50,00	----- ----- 60,0---30---60,0	----- ----- 0,90
VL VP VA	60	12,00 18,00 -----	----- ----- 60,0---22,5---60,0	----- ----- 1,65
VL VP VA	75	10,50 16,50 -----	30,0---7,5---30,0 36,0---13,5---36,0 45,0---15,0---45,0	0,60 0,60 1,80
VL VP VA	90	9,00 15,00 -----	30,0---6---30,0 36,0---12,0---36,0 55,0---18,0---55,0	0,75 0,60 1,80
VL VP VA	105	----- ----- -----	30,0---6,0---30,0 30,0---10,5---30,0 55,0---13,5---55,0	0,75 0,90 2,40
VL VP VA	120	----- ----- -----	30,0---6,0---30,0 30,0---9,0---30,0 55,0---12,0---55,0	0,60 0,90 2,55
VL VP VA	135	----- ----- -----	30,0---6,0---30,0 30,0---9,0---30,0 48,0---10,5---48,0	0,45 1,20 2,70
VL VP VA	150	----- ----- -----	22,5---5,4---22,5 30,0---9,0---30,0 48,0---10,5---48,0	0,60 1,20 2,10
VL VP VA	180	----- ----- -----	15,0---4,5---15,0 30,0---9,0---30,0 40,0---7,5---40,0	0,15 0,45 2,85

Tabla 3. 13 Radios mínimos en las intersecciones.

Fuente: Manual de carreteras (Diseño geométrico DG_2013)
Elaboración: Investigador

El dibujo de las intersecciones se encuentra en la figura 3.6, el mismo que fue diseñado en el programa AutoCAD Civil 3D, tomando en cuenta los radios de curvatura establecidos tabla 3.15 y teniendo en la parte final en la abscisa 2+120 una intersección en T.

En la tabla 3.14 se muestra un resumen del radio utilizado para curva, así como su longitud.

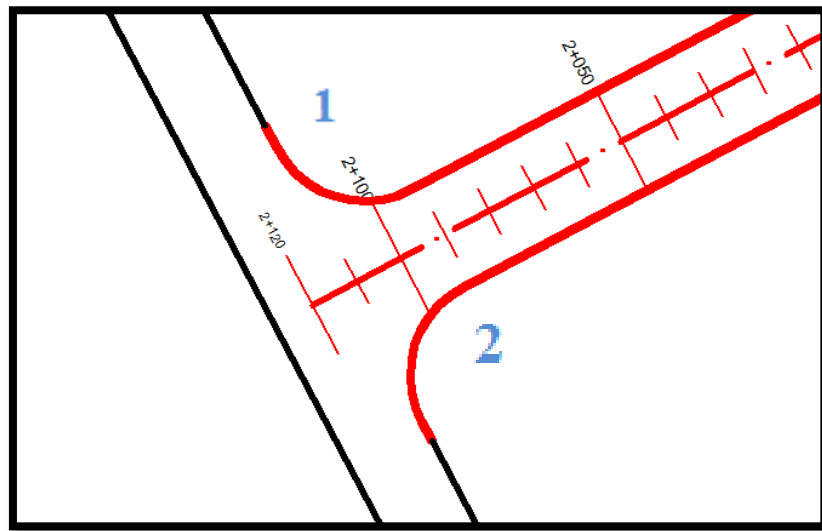


Figura 3. 8: Diseño de la intersección

Fuente: investigador

Numero de curva	Angulo de giro (°)	Radios (m)	Long de la curva
1	90	20	31.42
2	90	20	31.42

Tabla 3. 14: Detalle de la intersección en T

Elaboración: investigador

3.6 CÁLCULO DE VOLÚMENES

Para la determinación de volúmenes de tierra a mover se deben tener en cuenta las áreas de las secciones transversales. Para el cálculo se empleó el programa Autocad Civil 3D, las mismas que están graficadas en el Anexo 3.

Ya obtenidas las áreas cada 10 metros, se calculó los volúmenes de corte y relleno según el método del prismoide que nos indica Chocontá Cojas (2004):

“si las dos secciones transversales extremas del tramo son mixtas (corte y relleno en la misma sección), deben existir dos prismoides de base casi triangulares y entonces la lógica es calcular el volumen de corte y rellenos “(p, 203). Figura (3.9).

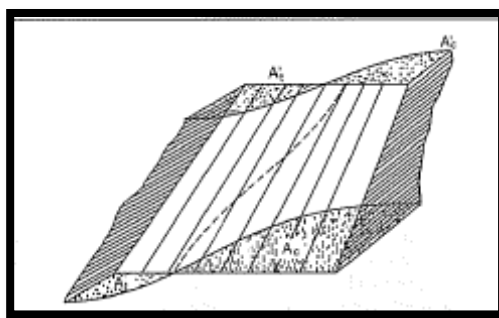


Figura 3.9: Tramo de vía limitado por secciones transversales mixtas

Fuente: Libro de Chocontá Rojas (Diseño geométrico de vías)

Para el cálculo se utilizó las ecuaciones 1.1 y ecuación 1.2 Libro de Chocontá Rojas (Diseño geométrico de vías), para determinar el corte y el relleno.

$$V_c = \frac{1}{2}(AC_0 + AC_1)D \quad (\text{Ec. 3, 12})$$

$$V_R = \frac{1}{2}(AR_0 + AR_1)D \quad (\text{Ec.3.13})$$

Dónde:

V_c: Volumen de corte

V_R: Volumen de relleno

AC₀, AC₁: Área de corte de las secciones transversales

AR₀, AR₁: Área de relleno de las secciones transversales

D: Distancia entre las dos secciones transversales 10 m

El cálculo de los volúmenes del proyecto se lo realizó en la tabla 3.15 obteniendo un volumen de corte de 19962.69 m³ y un volumen de relleno de 8580.83

SIMBOLOGIA					
C		CORTE			
T		TERRAPLEN			
COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA		AREAS (m ³)		VOLÚMENES (m ³)	
SECCIONES	ELEVACIONES	<u>C</u>	<u>T</u>	<u>C</u>	<u>T</u>

DE TN LEVANTADAS EN CAMPO						
	TN	SUBRASANTE				
0+000.000	962.317	962.700	15.99	4.70		
0+020.000	961.915	962.614	11.56	8.34	275.55	130.35
0+040.000	961.933	962.528	13.61	8.31	251.70	166.44
0+060.000	961.975	962.442	10.14	6.60	237.50	149.10
0+080.000	962.018	962.356	10.25	7.33	203.89	139.33
0+100.000	962.201	962.270	15.21	3.82	254.58	111.47
0+120.000	962.256	962.184	21.37	0.00	365.82	38.16
0+140.000	962.548	962.098	31.36	0.00	527.35	0.00
0+160.000	962.779	962.012	39.34	0.00	707.01	0.00
0+180.000	962.788	961.926	40.19	0.00	795.28	0.00
0+200.000	962.305	961.840	27.14	0.00	673.31	0.00
0+220.000	962.049	961.754	22.62	0.00	497.60	0.00
0+240.000	961.549	961.668	25.27	0.39	478.87	3.95
0+260.000	961.382	961.582	16.06	0.99	413.27	13.87
0+280.000	961.160	961.496	11.88	13.80	279.38	147.96
0+300.000	960.939	961.410	9.54	15.66	214.17	294.67
0+320.000	960.953	961.324	6.75	10.15	162.89	258.09
0+340.000	961.369	961.238	11.13	1.78	178.80	119.30
0+360.000	961.785	961.152	24.21	0.00	353.34	17.84
0+380.000	962.201	961.066	37.36	0.00	615.67	0.00
0+400.000	962.421	960.980	44.67	0.00	820.31	0.00
0+420.000	962.064	960.894	43.21	0.00	878.83	0.00
0+440.000	961.707	960.808	39.54	0.00	827.57	0.00
0+460.000	961.350	960.722	36.45	0.00	759.89	0.00
0+480.000	961.044	960.636	22.51	0.00	589.57	0.00
0+500.000	960.761	960.550	15.10	2.77	376.07	27.66
0+520.000	960.698	960.464	15.47	6.93	305.66	96.93
0+540.000	960.356	960.378	14.20	10.75	296.70	176.82
0+560.000	960.016	960.292	12.59	15.08	267.92	258.38
0+580.000	959.686	960.206	12.71	19.72	253.00	348.06
0+600.000	959.605	960.120	13.16	16.70	258.71	364.22
0+620.000	959.766	960.034	15.44	8.95	286.03	256.46
0+640.000	959.688	959.948	17.96	10.07	333.95	190.13
0+660.000	959.657	959.862	18.74	11.38	366.96	214.43
0+680.000	959.605	959.776	18.53	12.62	372.69	239.98
0+700.000	959.562	959.690	19.22	10.41	377.50	230.35
0+720.000	959.927	959.604	22.10	3.39	413.18	138.03
0+740.000	960.041	959.518	29.56	0.00	516.61	33.89
0+760.000	960.477	959.432	39.59	0.00	691.50	0.00
0+780.000	960.196	959.346	30.44	0.05	700.27	0.52
0+800.000	959.703	959.260	19.77	0.00	502.09	0.52
0+820.000	959.449	959.174	15.32	0.03	350.87	0.33
0+840.000	959.279	959.088	13.49	0.09	288.11	1.28
0+860.000	959.298	959.002	16.97	0.00	304.59	0.95
0+880.000	959.292	958.916	20.03	0.00	369.97	0.00
0+900.000	959.325	958.830	22.82	0.00	428.50	0.00

0+920.000	958.322	958.744	8.20	4.04	310.20	40.42
0+940.000	958.827	958.658	11.51	0.00	197.13	40.42
0+960.000	958.431	958.572	7.43	2.57	189.46	25.68
0+980.000	958.045	958.486	3.06	8.91	104.92	114.80
1+000.000	957.698	958.400	2.79	10.29	58.46	192.04
1+020.000	957.433	958.314	0.76	14.59	35.46	248.81
1+040.000	957.178	958.228	0.00	25.29	7.60	398.75
1+060.000	956.820	958.142	0.00	33.07	0.00	583.59
1+080.000	956.515	958.056	0.00	37.01	0.00	700.86
1+100.000	956.910	957.970	2.78	28.14	27.79	651.57
1+120.000	956.791	957.884	7.99	28.63	107.67	567.78
1+140.000	956.768	957.798	7.83	24.45	158.23	530.85
1+160.000	957.571	957.712	16.06	13.87	238.99	383.16
1+180.000	957.914	957.626	21.46	7.92	375.28	217.86
1+200.000	957.861	957.540	17.16	2.49	386.24	104.08
1+220.000	957.350	957.454	10.15	1.30	273.08	37.86
1+240.000	957.381	957.368	5.66	0.54	158.09	18.42
1+260.000	957.294	957.282	5.23	0.08	108.88	6.26
1+280.000	957.350	957.196	11.18	0.00	164.08	0.81
1+300.000	957.602	957.110	15.47	0.00	266.49	0.00
1+320.000	957.511	957.024	16.98	0.00	324.51	0.00
1+340.000	957.423	956.970	16.00	0.00	329.79	0.00
1+360.000	957.414	956.979	13.85	0.00	298.42	0.00
1+380.000	957.431	957.052	10.08	0.00	239.30	0.00
1+400.000	957.458	957.189	6.06	0.66	161.47	6.63
1+420.000	957.424	957.389	3.09	2.71	91.57	33.69
1+440.000	957.526	957.653	1.27	6.12	43.63	88.30
1+460.000	957.733	957.980	0.62	10.27	18.85	163.92
1+480.000	958.017	958.371	0.21	11.10	8.21	213.64
1+500.000	958.766	958.826	1.77	3.72	19.71	148.16
1+520.000	959.345	959.344	1.70	1.70	34.70	54.21
1+540.000	959.907	959.894	1.90	4.52	36.07	62.23
1+560.000	960.127	960.444	1.60	7.32	35.04	118.46
1+580.000	960.884	960.994	0.68	1.37	22.84	86.93
1+600.000	961.846	961.544	11.95	0.00	126.36	13.69
1+620.000	962.504	962.094	15.79	0.00	277.47	0.00
1+640.000	963.023	962.644	15.51	0.00	313.02	0.00
1+660.000	963.543	963.194	14.95	0.00	304.54	0.00
1+680.000	964.062	963.744	12.69	0.00	276.40	0.00
1+700.000	964.560	964.240	9.88	0.00	225.79	0.00
1+720.000	964.784	964.629	8.03	0.00	179.19	0.00
1+740.000	964.948	964.911	5.56	0.03	135.92	0.25
1+760.000	965.046	965.085	3.42	0.53	89.75	5.56
1+780.000	965.100	965.152	2.66	0.84	60.73	13.74
1+800.000	965.268	965.112	4.20	0.57	68.56	14.16
1+820.000	965.435	965.018	7.90	1.06	121.05	16.32
1+840.000	965.442	964.924	11.22	1.18	191.27	22.41
1+860.000	965.290	964.830	13.60	1.56	248.23	27.38
1+880.000	965.125	964.736	14.80	2.55	284.05	41.09
1+900.000	964.940	964.629	15.04	3.45	298.39	60.08
1+920.000	964.756	964.430	15.08	3.62	301.12	70.75

1+940.000	964.572	964.127	17.05	2.90	321.27	65.19
1+960.000	964.388	963.720	19.97	1.27	370.22	41.72
1+980.000	964.125	963.221	26.09	0.00	460.61	12.74
2+000.000	963.130	962.709	24.80	0.00	508.89	0.00
2+020.000	962.718	962.197	21.31	0.00	461.11	0.04
2+040.000	962.275	961.685	19.44	0.53	407.56	5.30
2+060.000	961.345	961.173	10.44	0.80	298.87	13.21
2+080.000	960.414	960.661	4.04	6.95	144.79	77.46
2+100.000	959.483	960.149	0.71	16.06	47.51	230.09
2+120.000	958.894	959.637	0.11	17.90	8.20	339.61
TOTAL					19962.69	8580.83

Tabla 3. 15: Áreas y volúmenes de corte del proyecto

Fuente: investigador
Elaboración: investigador

3.7 DISEÑO DE PAVIMENTOS

Para el diseño se desea un pavimento flexible según los requerimientos de la Municipalidad del cantón Morona, el cual será calculado en base al método establecido por la AASHTO.

El método de la AASHTO establece la siguiente ecuación 3.14 para el cálculo.

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log M_R - 8,07$$

(EC3.14)

Dónde:

W_{18} = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas

Z_R = Desviación estándar normal

S_0 = Desviación estándar del sistema

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad

MR = Módulo resiliente de la subrasante

3.7.1 ANÁLISIS DE TRÁNSITO

El Ing. Coronado Iturbide (2002) en su libro no dice:

“Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. El tránsito estará compuesto de vehículos de diferentes peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se lo transforma en un número de ejes equivalentes de 80KN o 18 Kips², por lo que se denominara (equivalent simple axial load) ESALs” .(P 41)

Formula para el cálculo

$$ESAL's = TPDA * TKS * GF * DD * LD * TF * 365 \text{ (Ec.3.15)}$$

Donde:

ESAL'S= ESALs de diseño

TPDA= Tránsito promedio diario anual (5096 vehículos)

TKS = Porcentaje de camiones pesados

GF = Factor de crecimiento (growth factor)

DD = Factor de distribución direccional para camiones

LD = Factor de distribución por carril para camiones

TF = Factor de camiones (ESALs/camiones)

3.7.1.1 CALCULO DEL PROCENTAJE DE CAMIONES PESADOS (TKS)

Según Montejo Fonseca (2002) “para el diseño del pavimento sólo tiene interés los vehículos pesados, discriminando a los vehículos livianos ya que estos tienen una influencia mínima” (P, 22).

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación 3.16 según Montejo Fonseca

$$TKS = \frac{\Sigma \text{ frecuencia de vehículos}}{\Sigma \text{ frecuencia de vehículos} - \text{frecuencia de vehiculos livianos}} * 100 \text{ (EC3.16)}$$

Dónde:

Σ frecuencia de vehículos = Son los vehículos que se estiman que pasaran en un día dependiendo del conteo volumétrico de tránsito.

Dándonos como resultado un TKS= 15.09

3.7.1.2 FACTOR DE CRECIMIENTO GF

Se tiene en cuenta el crecimiento en volumen de camiones y el factor de la tasa de crecimiento es decir se calcula con la con la ecuación 3.17.

$$GF = \frac{(1+Tcr)^{n-1}}{LN(1+Tcr)} \quad \text{(EC.3.17)}$$

Donde:

Tcr= tasa de crecimiento ver en la tabla 3.16

n= periodos de diseño (20 año)

TIPOS DE VEHICULOS	PERIODO	
	1990 - 2000	2000 - 2010
Livianos	5	4
Buses	4	3,5
Camiones	6	5

Tabla 3. 16: Tasas de crecimiento de tráfico

Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras 2003. Ecuador

Para la tasa de crecimiento se tomó 5% dándonos como resultado un factor de crecimiento de 33.89.

3.7.1.3 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL PARA CAMIONES (DD)

Para el establecer el factor de distribución direccional, se tiene en cuenta según la NEVI-12-MTOP la tabla 3.17

Número de carriles	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño
2	50
4	45
6 o más	40

Tabla3. 17: Factor de distribución direccional para camiones en porcentaje

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimento AASHTON 93

Para el cálculo, como al vía es de 4 carriles se procedió a tomar el valor de 45% como factor de distribución direccional.

3.7.1.4 FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL PARA CAMIONES (LD)

Según Montejo Fonseca (2002) no dice que “se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's y el diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril”. (p. 69)

Para establecer el factor de distribución por carril se toma en cuenta según la tabla 3.18, tomando un valor de promedio entre 0.50 y 0.75 dando como resultado un valor de 0.65.

Número de carriles en una sola dirección	LC ¹¹
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Tabla 3. 18: Factor de distribución por carril

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimento AASHTO 93

3.7.1.5 FACTOR DE CAMIONES (TF)

Es la manera de expresar el daño que producen los ejes de los vehículos en el pavimento, así como su deterioro. Ya que los vehículos de mayor afectación son los camiones, así nace el concepto de factor de camión (TF) que se define el número de ESALs total de camiones dividido para el número de camiones ecuación 3.18.

$$TF = \frac{\text{No de ESALs}}{\text{No de camiones}} \quad (\text{Ec.3.18})$$

Dónde:

No de ESALs= número de ESALs (se toma en cuenta los camiones)

No de camiones= es la frecuencia de camiones que se produce en un día

Para la determinación del número de ESALs debemos tener en cuenta los siguientes aspectos.

Para las consideraciones de los ejes equivalentes según el Ing Coronado Iturbide (2002) nos indica “el volumen de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición de tránsito mixto de los vehículos”. Esta carga uniformizada según la

AASHTO es de 80KN o 18kips y la conversión se la hace a través de los factores equivalentes de carga LEF (load equivalent factor), dependiendo del tipo de eje ya sea simple, tandem y tridem (tabla 3.19), (tabla 3.20).

En su libro Ing. Coronado Iturbide (2002) no dice: “Que además al pavimento en diferente estado, se le asigna un índice de serviciabilidad de 5 si se encuentra en perfecto estado y de un valor de 0 si se encuentra en pésimas condiciones”.

Los valores que se recomiendan dependiendo del tipo de pavimento son los siguientes:

Índice de serviciabilidad inicial:

$PO=4.5$ para pavimentos flexibles

Índice de serviciabilidad final:

$P_t = 2.5$ o más para caminos muy importantes

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor

Para el cálculo debido a que el camino es importante se procede a asumir el índice de serviciabilidad de 2.5

Obteniendo una pérdida de serviciabilidad de 2

Se debe tener en cuenta el número estructural (SN) el cual debe ser asumido entre el valor del 1 al 5, el cual fue asumido según la enseñanza en clases de la Ing. Paola Delgado, de 4 para nuestro medio debido al clima.

Tabla 1.1 factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples,
 $P_t=2.5$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
6	0.011	0.017	0.017	0.013	0.010	0.009
8	0.032	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
10	0.078	0.102	0.118	0.102	0.088	0.080
12	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
14	0.328	0.358	0.399	0.388	0.360	0.342
16	0.591	0.613	0.646	0.645	0.623	0.606
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
30	10.3	9.5	7.9	6.8	7.0	7.8
32	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10.0
34	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
36	24.0	22.0	17.7	14.4	13.9	15.5
38	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19.0
40	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23.0
42	49.3	45.0	35.6	27.8	25.6	27.7
44	61.3	55.9	44.0	34.0	31.0	33.1
46	75.5	68.8	54.0	41.4	37.2	39.3
48	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
50	112.	102	79.	60.	53.	55.

Tabla 3.19: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $P_t=2.5$

Fuente: Manual de Centro América para pavimentos (2002)
Elaboración: Manual de Centro América para pavimentos (2002)

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0005	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002
6	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
8	0.004	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003
10	0.008	0.013	0.011	0.009	0.007	0.006
12	0.015	0.024	0.023	0.018	0.014	0.013
14	0.026	0.041	0.042	0.033	0.027	0.024
16	0.044	0.065	0.070	0.057	0.047	0.043
18	0.070	0.097	0.109	0.092	0.077	0.070
20	0.107	0.141	0.162	0.141	0.121	0.110
22	0.160	0.198	0.229	0.207	0.180	0.166
24	0.231	0.273	0.315	0.292	0.260	0.242
26	0.327	0.370	0.420	0.401	0.364	0.342
28	0.451	0.493	0.548	0.534	0.495	0.470
30	0.611	0.648	0.703	0.695	0.658	0.633
32	0.813	0.843	0.889	0.887	0.857	0.834
34	1.06	1.08	1.11	1.11	1.09	1.08
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.75	1.73	1.69	1.68	1.70	1.73
40	2.21	2.16	2.06	2.03	2.08	2.14
42	2.76	2.67	2.49	2.43	2.51	2.61
44	3.41	3.27	2.99	2.88	3.00	3.16
46	4.18	3.98	3.58	3.40	3.55	3.79
48	5.08	4.80	4.25	3.98	4.17	4.49
50	6.12	5.76	5.03	4.64	4.86	5.28
52	7.33	6.87	5.93	5.38	5.63	6.17
54	8.72	8.14	6.95	6.22	6.47	7.15
56	10.3	9.6	8.1	7.2	7.4	8.2
58	12.1	11.3	9.4	8.2	8.4	9.4
60	14.2	13.1	10.9	9.4	9.6	10.7
62	16.5	15.3	12.6	10.7	10.8	12.1
64	19.1	17.6	14.5	12.2	12.2	13.7
66	22.1	20.3	16.6	13.8	13.7	15.4
68	26.3	23.3	18.9	15.6	15.4	17.2
70	29.0	26.6	21.5	17.6	17.2	19.2
72	33.0	30.3	24.4	19.8	19.2	21.3
74	37.5	34.4	27.6	22.2	21.3	23.6
76	42.5	38.9	31.1	24.8	23.7	26.1
78	48.0	43.9	35.0	27.8	26.2	28.8
80	54.0	49.4	39.2	30.9	29.0	31.7
82	60.6	55.4	43.9	34.4	32.0	34.8
84	67.8	61.9	49.0	38.2	35.3	38.1
86	75.7	69.1	54.5	42.3	38.8	41.7
88	84.3	76.9	60.6	46.8	42.6	45.6
90	93.7	85.4	67.1	51.7	46.8	49.7

**Tabla 3. 20 : Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes
tándem, Pt=2.5**

Fuente: Manual de Centro América para pavimentos (2002)
Elaboración: Manual de Centro América para pavimentos (2002)

Obteniendo de esta manera un número de ESALs de 420.57 según como se muestra en la tabla 3.21 que fue realizado en Microsoft Excel.

DATOS DE CONTEO DE TRAFICO				PESOS											
N°	TIPO DE VEHICULO	N° DE EJES	SILUETA	Frecuencia	EJES SIMPLES						EJES TANDEM			Factor camion	No de ESALs
					Peso	LEF	ESALs	Peso	LEF	ESALs	Peso	LEF	ESALs		
1	AUTOS			788											
2	2DA	2 ejes simples 4 Ruedas		69	6.6	0.041	2.829	15.4	0.6	41.47				0.642	44.238
3	2DB	2 ejes simples 6 Ruedas		62	13.2	0.338	20.956	24.2	4.85	300.7				5.188	321.656
4	3A	1 eje simple 1 eje tandem		9	13.2	0.338	3.042				44	5.75	51.75	6.088	54.792
TPDA (primer año de servicio)				5096											420.75
Porcentaje de camiones				15.1											
Cantidad de camiones diarios				769											
Número de camiones				140											
Total de vehículos (autos+camiones)				928											
Tf =				3.01											

NUMERO DE ESALs

Tabla 3.21: Determinación del número de ESAL's

Fuente: Investigador
Elaboración: Investigador

Es la suma de la frecuencia de camiones, según el censo volumétrico vehicular realizado tabla 3.21, obteniendo un resultado de 140 camiones de esta manera el factor de camiones segun la ecuación 3.18 nos da un valor de 3.01.

3.7.1.6 CÁLCULO DE ESAL's DE DISEÑO

En la tabla 3.22 se encuentra un resumen de los elementos necesarios para el cálculo de ESAL's

Aplicando la ecuación 3.15 obtenemos un valor de 8358704.214, el cual sera igual al número de cargas de 18 kips (w18)

TPDA =	5096
TKS =	15.09
GF =	33.89
DD =	0.45
LD =	0.65
TF =	3.01

Tabla 3. 22: Elementos para el cálculo de los ESAL's

Fuente: Investigador
Elaboración: Investigador

3.7.2 DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL (Z_R)

Según la AASHTO 93 nos indica:

“Es el valor del desviador en una curva de distribución normal, está en función de la confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento”. (P.45)

“La Confiabilidad del Diseño (R) se refiere al grado de certidumbre (seguridad) de que una determinada alternativa de diseño alcance a durar, en la realidad, el tiempo establecido en el período seleccionado”. (p, 49)

Para optar con un valor para la confiabilidad de diseño la AASHTO, recomienda usar los resultados obtenidos en la tabla 3.23, dependiendo del tipo de vía y según su grado de servicio.

Ya que el presente proyecto es una autopista se procedió tomar un valor de 90%

Clasificación de la vía	Urbana	Rural
Autopistas	85-99,9	80-99,9
Troncales	80-99	75-95
Locales	80-95	75-95
Ramales y Vías Agrícolas	50-80	50-80

Tabla 3. 23: Niveles recomendados de confiabilidad (R)

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimento AASHTON 93

Para definir la desviación estandar normal (z_r) se toma como referencia lo valores de la tabla 3.24 optando por un valor de -1.282

Confiabilidad (R)	Valor de ZR
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
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	- 3,090
99,99	- 3,750

Tabla 3. 24: Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de confiabilidad

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimento AASHTO 93

3.7.3 DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL SISTEMA (S_0)

La AASHTO 93 nos indica que “El valor de la desviación estándar (S_0) que se seleccione debe, por otra parte, ser representativo de las condiciones locales”.(P.52)

Para seleccionar la desviación estándar se toma de la tabla 3.25, un valor 0.45 que es el recomendado según la AASHTO

Condición de Diseño	Desviación Estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35 — 0.50 (0.45 valor recomendado)

Tabla 3.25: Valores recomendado para la desviación estándar (S_0)

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimento AASHTO 93

3.7.4 PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)

Según la AASHTON define a la “ Pérdida de Serviabilidad prevista en el diseño, es la medida de la diferencia entre la calidad de acabado, del pavimento al concluirse su construcción (**po**) y su plenitud al final del periodo de diseño (**pt**) ecuación 3.19”.(P, 45)

$$\Delta PSI = P_t - P_o \quad (Ec.3.19)$$

Según lo mencionado anterior mente se opta por un $P_t = 4.5$ y un $P_o = 2.5$ y debido a la ecuación 3.19 se obtiene un valor de 2 como perdida de serviabilidad.

3.7.5 MÓDULO RESILIENTE (MR)

La AASHTON define que “es el resultado de un ensayo dinámico, y se define como la relación entre el esfuerzo repetido masivo y la deformación axial recuperable”. (p.59)

3.7.5.1 MÓDULO RESILIENTE DE LA SUB-RASANTE

Para materiales de sub-rasante con CBR igual o mayor a 7 % se utiliza la siguiente ecuación 3.20.

$$M_r = 1500 * CBR \quad (EC3.20)$$

Dónde:

CBR=ensaño realizado del esfuerzo del suelo (sub-rasante)

Debido a los datos obtenidos de los estudio de suelos que fue realizado por la Municipalidad del Cantón Morona anexo 1 se obtuvieron datos para el CBR del 1% para ese tipo de terreno, los ensayos fueron realizados cada 1000 metros por lo tanto para el diseño de pavimentos el CBR no puede ser menor al 6%, para lo cual deberá realizarse un mejoramiento de la sub-rasante

Mejoramiento de la sub-rasante según las normas NEVI

“El mejoramiento debería tener un suelo granular, material rocoso o combinaciones de ambos, libre de material orgánico y escombros, salvo que se especifique de otra manera, tendrá granulometría tal que todas las partículas pasaran por un tamiz de cuatro pulgadas (100 mm) con abertura cuadrada y no más de 20% pasara el tamiz Nro 200 (0.075 mm) de acuerdo al ensayo de la AASHO-T.T.11”

“La parte del material que pase el tamiz Nro 40 (0.445mm) deberá tener un índice de plasticidad no mayor de nueve y límite líquido hasta 35% o siempre que el valor del CBR sea mayor al 10% tal como se determina en el ensayo AASHTO_T.91. Material de tamaño mayor al máximo especificado, si se presenta, deberá ser retirado antes de que se incorpore al material en la obra”

“Sin embargo la densidad de la capa compactada deberá ser el 95% en ves del 100% de la densidad máxima; según AASHO.T.180 método D.”

“En estos casos si las especificaciones antes mencionadas se cumple se procederá a poner una capa de 20 cm inmediatamente anterior al nivel de la sub-rasante” (p321)

De esta manera optaremos por un CBR= al 10%, Dándonos de esta manera un módulo resiliente de la subrasante según la ecuación 3.20 de 15000psi.

3.7.5.2 MÓDULO RESILENTE DE LA SUB-BASE

Para el cálculo del módulo de resiliente de la sub- base se lo hace con la ecuación 3.21 según la AASHTO.

$$M_{R(\text{sub-base})} = 385,08 * \text{CBR} + 8.660 \text{ (psi)} \quad (\text{EC3.21})$$

Dónde:

CBR=ensayo realizado del esfuerzo del suelo (sub-base)

Según la NEVI la “sub- base que deba utilizarse en la obra estar especificada en los documentos contractuales. De todos modos los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo del 50% de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz Nro 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30% “(p,340).

Para hallar el módulo de residencia optaremos con un CBR del 35% dándonos como resultado según la ecuación 3.21 $MR = 22137.8 \text{ psi}$

3.7.5.3 MÓDULO RESILIENTE DE LA BASE

Para el cálculo del módulo resiliente de la base se lo realiza según la ecuación 3.22 de la AASHTO.

$$M_{R(\text{base})} = 321.05 * \text{CBR} + 13.327 \text{ (psi)} \quad (\text{EC.3.22})$$

Dónde:

CBR=ensaño realizado del esfuerzo del suelo (base)

Según la NEVI indica “que en la base el límite líquido de la fracción que pase el tamiz Nro 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6, el porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40 % y el valor de soporte del CBR debe ser igual o mayor al 80%”

Por motivos de cálculo procederemos a realizar con una base de CBR= 80% dándonos como resultado según la ecuación 3.22 $MR = 39011 \text{ psi}$

3.7.6 DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DE LA CAPA ASFÁLTICA, BASE Y SUB-BASE

Para determinación según la AASHTO 93 establece las siguientes fórmulas para el cálculo:

$$D1'' \geq \frac{SN1}{a1} \quad (EC.3.23)$$

$$SN1'' = a1.D1'' \geq SN1 \quad (EC.3.24)$$

$$D2'' \geq \frac{SN2 - SN1''}{a2.m2} \quad (EC.3.25)$$

$$SN1'' + SN2'' \geq SN2 \quad (EC.3.26)$$

$$D3'' \geq \frac{SN3 - (SN1'' + SN2'')}{a3.m3} \quad (EC.3.27)$$

Dónde:

$a1, a2, a3$ = Es coeficiente estructural de la carga, el cual depende de la característica del material con que ella se construya

$D1, D2, D3$ = Espesor de la capa en pulgadas

SN = Número abstracto, que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación dada de soporte del suelo (MG) del tránsito total (W18)

$m1, m2, m3$ = Coeficiente de drenaje

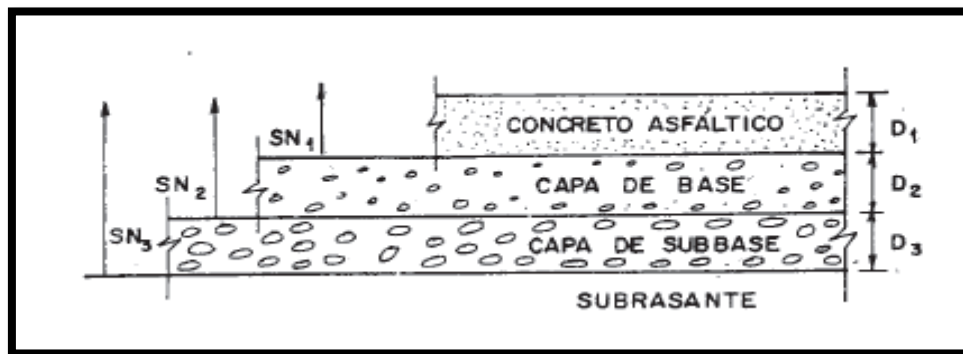


Tabla3. 26: Elementos para el diseño de pavimentos

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimento AASHTO 93

3.7.6.1 COEFICIENTES ESTRUCTURALES (a)

Para encontrar el coeficiente estructural de la sub-rasante ($a1$) se ve en la figura 3.11, dependiendo del módulo elástico del concreto asfáltico, que se toma los valores entre 25000psi o 350000psi según la AASHTO 93.

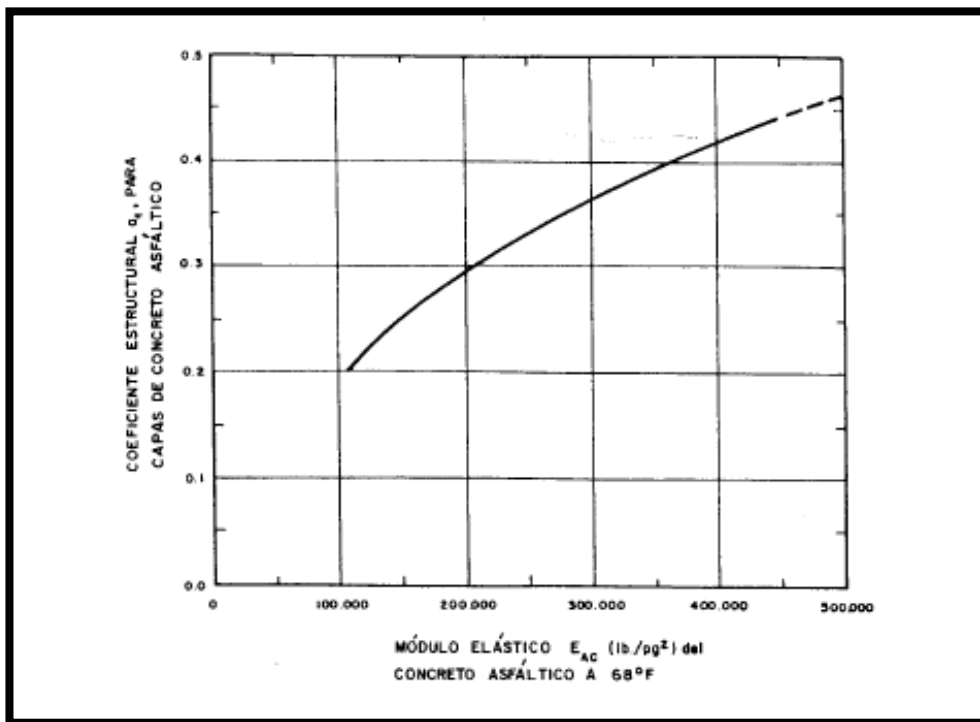


Figura 3.10: Gráfica para hallar (a1) en función del módulo resiente del concreto asfáltico

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimento AASHTO 93

Para encontrar el coeficiente estructural de la base (a2) se ve en la figura 3.12 dependiendo del módulo resiliente de la base.

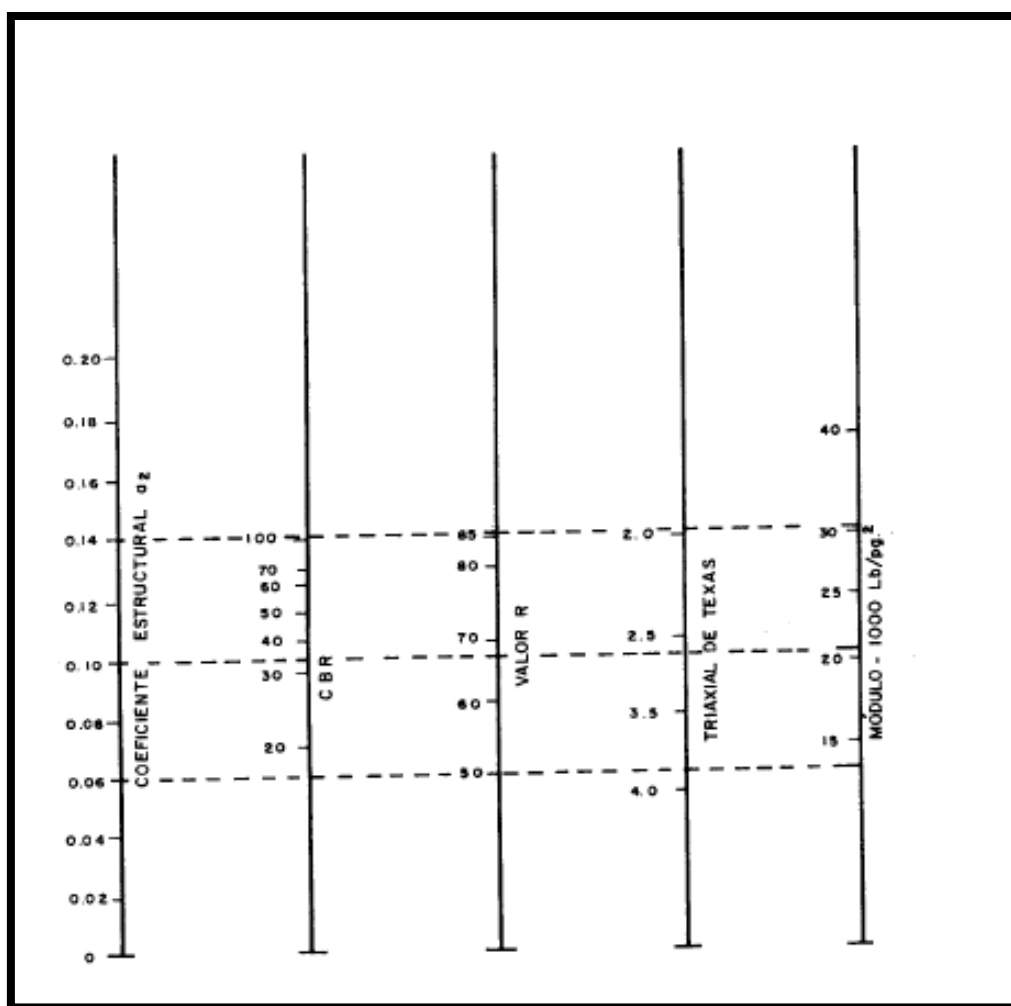


Figura 3. 11: Variación de coeficiente a_2 con diferentes parámetros de resistencia de la base granular

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimento AASHTO 93

Para encontrar el coeficiente estructural de la sub-base (a_3) se ve en la figura 3.13 dependiendo del módulo resiliente de la sub-base.

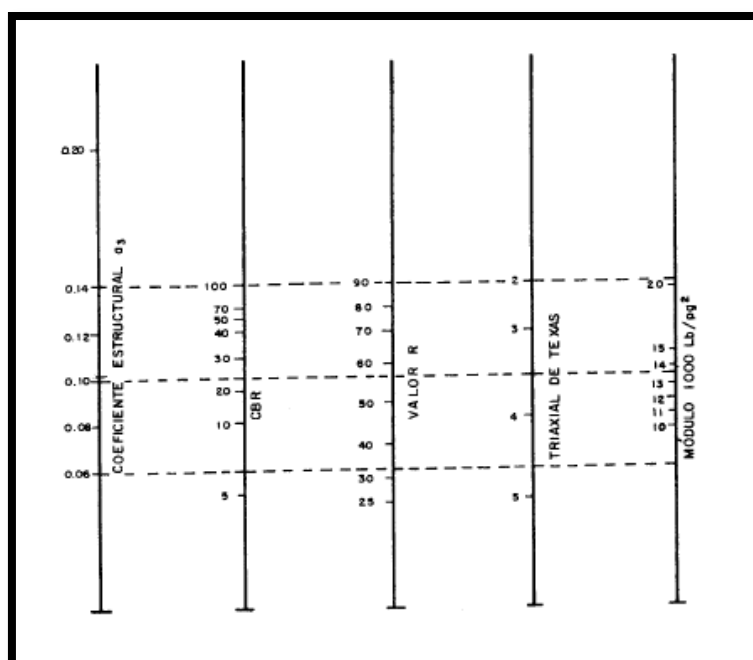


Figura 3. 12: Variación de coeficiente a_3 con diferentes parámetros de resistencia de la sub-base

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimento AASHTO 93

3.7.6.2 COEFICIENTE DE DRENAJE (mi)

Para consideraciones de coeficiente de drenaje según la AASHTO 93 se debe tener en cuenta según la tabla 3.27

Calidad del drenaje	% de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Aceptable	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Tabla 3. 27: Valores de (mi) recomendados para modificar los coeficientes de capas de base y sub-base granulares

Fuente: Guía de diseño de estructuras de pavimento AASHTO 93

Ya que en el Macas los pavimentos pasan expuestos a humedad continua durante todo el día se opta por un porcentaje mayor al 25 % y cumpliendo con las normativas de las pendientes mínimas para tener un excelente drenaje se toma el valor de 1.2 como coeficiente de drenaje.

3.7.7 CUADRO DE RESÚMENES

La tabla 3.28 y tabla 3.29 fue realizado en Microsoft Excel, dando como resultado los espesores para el diseño de pavimentos.

Capa	Espesor calculado. (pul)	Espesor asumido. (pul)	Espesor (cm)
D1	2.04	3	8
D2	6.71	8	20
D3	7.82	8	20
Sub-rasante	-----	7.9	20
Espesor total			68

Tabla 3. 28 : Espesores para el diseño de pavimentos

Fuente: Investigador

SN1=	1.17
SN2=	1.72
SN3=	1.44
TOTAL	4.33

Tabla 3. 29: Número estructural

Fuente: Investigador

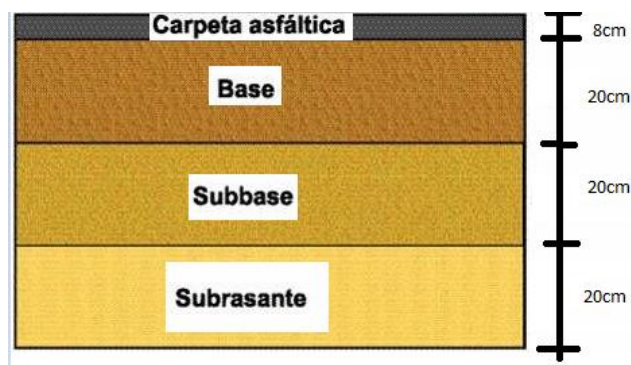


Figura 3. 13: Espesor de las capas

Fuente: Investigador

CAPITULO IV

4.2 CONCLUSIONES

- La investigación de los antecedentes, planes y ordenanzas del Gobierno Municipal del Cantón Morona, ha facilitado el diseño de la Av. Remigio Madero en la ciudad de Macas, barrio la Barranca.
- A través de los levantamientos topográficos se ha logrado establecer que el terreno es plano, contando con pendientes máximas 4.05% y mínimas 0.07%.
- Para el diseño horizontal según las normativas del MTOP se ha tomado en cuenta radios mínimos de 500 m, evitando así las curvas de transición.
- Para el diseño vertical se tomó en cuenta las normativas del MTOP para el drenaje de las aguas, optando por pendientes longitudinales mínimas del 0.5%.
- Una vez diseñada la intersección al final de la vía, se puede verificar que ésta brindará una mejor accesibilidad a los vehículos, teniendo una forma de T.
- El pavimento flexible fue diseñado con el método de las AASHTO. para 15 años de vida útil.

4.1 RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar una escombrera para los volúmenes de tierra que van hacer desalojados.
- Deberá ser colocada la señalización de límites de velocidad para evitar accidentes.
- Cuando la vía construya se recomienda tener un personal adecuado para el mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento orgánico funcional por procesos del Gobierno Municipal del cantón Morona. Macas-Ecuador
- Plan Cantonal de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Morona. Macas-Ecuador
- Plan de Desarrollo Estratégico de Morona Santiago. Macas- Ecuador
- NEVI-12. (2013). Ministerio de transporte y obras publicas Ecuador (vol. 1).. Quito. - Ecuador
- NEVI-12. (2013).Ministerio de transporte y obras publicas Ecuador (vol. 2a).. Quito. - Ecuador
- NEVI-12. (2013). Ministerio de transporte y obras publicas Ecuador (vol. 3).. Quito. - Ecuador
- NEVI-12. (2013). Ministerio de transporte y obras publicas Ecuador (vol. 5).. Quito. - Ecuador
- NEVI-12. (2013). Ministerio de transporte y obras publicas Ecuador (vol. 6).. Quito. - Ecuador
- Gustavo Corredor M. (2010). Maestría en vías terrestres, modulo III, diseño de pavimentos I., experimento vial de la aashto y las guía de diseño aashto. Caracas: universidad nacional de ingeniería.
- T.A.M.S. – ASTEC (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. Quito. - Ecuador
- Chocontá Rojas. (2004). Diseño geometrico de vias . Bogota: escuela colombiana de ingenieria .
- Cárdenas Grisales (2008), Diseño geométrico de carreteras, Bogotá, Colombia
- Manual de carreteras (diseño geométrico DG_2013), Perú, Lima, Ministerio de Transporte y Comunicación.
- Coronado Iturbide (2002), Manual Centroamericano para diseño pavimentos, Guatemala, secretaria de integración económica de Centroamérica.
- Montejo Fonseca (2002), Ingeniería de pavimentos, Colombia.

ANEXOS

ANEXO 01 ENSAYOS DE SUELOS

ANEXO 02 DEL ALINEAMIENTO VERTICAL- CURVAS

Datos de curva (1)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-0.430	2.750	1+420.000	956.5940	200.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = -3.180%				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tanq.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV'	1+320.000	957.024	957.024
1		1+340.000	956.938	956.970
2		1+360.000	956.852	956.979
3		1+380.000	956.766	957.052
4		1+400.000	956.680	957.189
5		1+420.000	956.594	957.389
6		1+440.000	957.144	957.653
7		1+460.000	957.694	957.980
8		1+480.000	958.244	958.371
9		1+500.000	958.794	958.826
10	PTV'	1+520.000	959.344	959.344

Datos de curva (2)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
2.750	-0.470	1+740.000	965.3940	120.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 3.220%				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tanq.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV'	1+680.000	963.744	963.744
1		1+700.000	964.294	964.240
2		1+720.000	964.844	964.629
3		1+740.000	965.394	964.911
4		1+760.000	965.300	965.085
5		1+780.000	965.206	965.152
6	PTV'	1+800.000	965.112	965.112

Datos de curva (3)					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mtr)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-0.470	-2.560	1+930.000	964.5010	80.00	20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 2.090%				Tipo de curva: En cresta	
Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (Si/Tang.)	Elev. (Si/Curva)	
0	PCV	1+890.000	964.689	964.689	
1		1+910.000	964.595	964.543	
2		1+930.000	964.501	964.292	
3		1+950.000	963.989	963.937	
4	PTV	1+970.000	963.477	963.477	

ANEXO 03 PLANOS