



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UNA CICLOVÍA EN
LA AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI**

AUTORA: ARIAS SÁNCHEZ MARJORIE ALEJANDRA

TUTOR: ING. ROBALINO CAROLINA

SANGOLQUÍ

2017



CERTIFICADO

Certifico que el trabajo de titulación, **“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UNA CICLOVÍA EN LA AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI”** realizado por la señorita **MARJORIE ALEJANDRA ARIAS SANCHEZ**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **MARJORIE ALEJANDRA ARIAS SANCHEZ** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí. 24 Febrero del 2017

Ing. Carolina Robalino Bedón

DIRECTOR



AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **MARJORIE ALEJANDRA ARIAS SANCHEZ**, con cédula de identidad N° 1500854979 declaro que este trabajo de titulación **“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UNA CICLOVÍA EN LA AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí. 24 Febrero del 2017

MARJORIE ALEJANDRA ARIAS SÁNCHEZ

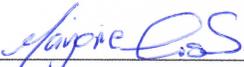
C.C: 1500854979



AUTORIZACIÓN

Yo, **MARJORIE ALEJANDRA ARIAS SÁNCHEZ**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UNA CICLOVÍA EN LA AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí. 24 Febrero del 2017



MARJORIE ALEJANDRA ARIAS SÁNCHEZ
C.C: 1500854979

DEDICATORIA

Dedicada a mis padres por su eterno amor hacia mí, su confianza y apoyo incondicional, por ellos y para ellos es todo el esfuerzo que he invertido en cada año de mi carrera finalizándola con este proyecto de grado.

Los amo mucho.

Marjorie.

AGRADECIMIENTO

Mis más grandes agradecimientos a todas las personas que estuvieron involucradas en la realización de este proyecto, ya sea con consejos y apoyo emocional; o con sus conocimientos técnicos, quiero agradecer a:

Mi hermano Ricardo y su familia por acogerme este último año de mi carrera en su hogar y cuidar de mí.

A mi hermana que siempre estuvo ahí cuando más la necesité, regalándome desde un abrazo hasta todo un día de su tiempo para hacer las visitas de campo que requería mi proyecto.

Mi padre que aún a la distancia supo asegurar su confianza en mí y brindarme todo su apoyo emocional y económico.

Mi madre por su tiempo al acompañarme en todo lo que le era posible para la realización de mi tesis, por sus consejos y su motivación.

Mis amigos quienes siempre tuvieron una palabra de aliento para animarme en la lucha de alcanzar mis objetivos, especialmente a Jaqueline, Javier y Esteban que estuvieron conmigo desde los primeros años de la carrera hasta el final.

La ingeniera Carolina Robalino por su gran trabajo como directora del proyecto, por toda su paciencia y cariño al corregirme cada revisión del proyecto y por su confianza en que lo lograríamos.

Al arquitecto John Vinueza por el tiempo invertido en asesorarme y guiarme en la presente investigación.

Y a todas las demás personas que dieron su granito de arena para que pueda culminar este proyecto, MUCHAS GRACIAS.

Marjorie.

INDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. UBICACIÓN.....	6
1.4. HIPÓTESIS	8
1.5. OBJETIVOS.....	8
1.5.1 Objetivo General.....	8
1.5.2 Objetivos Específicos	8
1.6. ALCANCE	8
1.7. LIMITACIONES.....	9
1.8. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	10
1.8.1 Trabajo de Campo.....	10
1.8.2 Trabajo de Oficina.....	11
CAPITULO II	13
2.1. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1.1 Definición de Ciclovía.....	13
2.1.2 Diseño de Ciclovía.....	13
2.1.3 El ciclismo y sus beneficios.....	18
2.1.4 La ciclovía un proyecto social.....	19

2.1.5 Aspectos para la formulación de proyectos.....	20
2.2. DETERMINANTES SOCIALES	21
2.2.1 Uso de la Bicicleta para el Buen Vivir	21
2.2.2 Caracterización de la Ciclovía en la Autopista General Rumiñahui	30
2.3. CONDICIONANTES FÍSICOS	35
2.3.1 Límites Construidos.....	35
2.3.2 Límites Naturales.....	37
2.4. PARÁMETROS Y NORMAS DE DISEÑO	38
2.4.1 Espacio Útil del ciclista.....	40
2.4.2 Ancho de la ciclovía	41
2.4.3 Velocidad de diseño	46
2.4.4 Radios de volteo	47
2.4.5 Sobreanchos de ciclovías	47
2.4.6 Peralte	48
2.4.7 Perfil longitudinal - Pendientes	49
2.4.8 Distancia de visibilidad.....	50
2.4.9 Longitud de Curva Vertical.....	51
CAPITULO III.....	53
3.1. ANÁLISIS DE LA IDEA	53
3.1.1 Identificación del Problema	53
3.1.2 Oportunidades Posibles a Aprovechar	55
3.1.3 Mercado Objetivo	60
3.1.4 Proceso Tecnológico.....	64
3.1.5 Tamaño de la Inversión.....	79
3.1.6 Empresario Requerido	80
3.1.7 Localización.....	80
3.1.8 Impacto Ambiental	80
3.2. ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD.....	83
3.2.1 Análisis de Involucrados	83
3.2.2 Análisis de Problemas.....	97
3.2.3 Árbol de Objetivos	100
3.2.4 Matriz de Marco Lógico.....	101

CAPITULO IV	103
4.1. ANÁLISIS TÉCNICO	103
4.1.1 Características de la Autopista General Rumiñahui.....	103
4.1.2 Alternativas Propuestas del Trazado.....	118
4.1.3 Obtención de la Topografía	127
4.1.4 Diseño geométrico preliminar	142
4.1.5 Diseño Hidráulico	158
4.1.6 Diseño de Muros	170
4.1.7 Diseño de Elementos de Protección.....	181
4.1.8 Señalización en el Proyecto	225
4.1.9 Diseño de Intersecciones o cruces.....	228
4.1.10 Cálculo de Movimiento de Tierras.....	235
4.1.11 Pre Cuantificación Económica	238
4.2. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	251
4.2.1 Criterios de Evaluación	251
4.2.2 Valoración de los Criterios	252
MATRIZ DE ALTERNATIVAS.....	253
4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL PROYECTO	255
CAPITULO V	261
5.1. CONCLUSIONES	261
5.2. RECOMENDACIONES	264
BIBLIOGRAFÍA	265
ANEXOS	268

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del DMQ, sus conexiones y poblaciones alrededor	3
Figura 2. Modos de Transporte proyectados al 2014.....	4
Figura 3. Evolución del parque automotor en el DMQ.....	4
Figura 4. Ciclistas profesionales en la Autopista General Rumiñahui	6
Figura 5. Ciclistas ocasionales en la dirección Valle-Quito.	6
Figura 6. Peatones transitando por un extremo de la AGR.....	6
Figura 7. Autopista General Rumiñahui	7
Figura 8. Tráfico de la mañana en la Autopista General Rumiñahui.....	7
Figura 9. Ciclovía con espacio propio en doble sentido.	14
Figura 10. Ciclovía con espacio compartido.....	15
Figura 11. Bulevar para bicicletas.....	16
Figura 12. Vía menor a 3m compartida con ciclistas.....	17
Figura 13. Vía mayor a 3m compartida con ciclistas.....	17
Figura 14. Recomendaciones de tipo de ciclovía.....	17
Figura 15. Estructura Inicial del Marco Lógico.....	21
Figura 16. Etapa de Formulación - Sistema de Marco Lógico	21
Figura 17. Motivos y modo de desplazamientos en 2007 en los Países Bajos.	23
Figura 18. Ciclovías planeadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas	26
Figura 19. Carretera de Mediana Capacidad Interurbana	32
Figura 20. Ejemplo de un límite construido.....	36
Figura 21. Ejemplo de espacios sin límites construidos	37
Figura 22. Ejemplo de un talud denominado como límite natural.....	38
Figura 23. Espacio útil del ciclista.....	41
Figura 24. Ancho de Ciclovía Unidireccional	42
Figura 25. Ancho de Ciclovía Bidireccional.....	42
Figura 26. Espacio de resguardo frente a elementos continuos o discontinuos.....	43
Figura 27. Espacio de resguardo con obstáculos laterales en ciclovía segregada.....	44

Figura 28. Espacio de resguardo con obstáculos laterales en ciclovía de espaldón.....	44
Figura 29. Gráfico de Rampas	49
Figura 30. Pendientes Máximas. Ejemplo de aplicación	49
Figura 31. Pendiente adecuada en función de la longitud.....	50
Figura 32. Longitud mínima de una curva vertical	52
Figura 33. Peatón utilizando la calzada para movilizarse.....	54
Figura 34. Detalle del derecho de vía	59
Figura 35. Vista Superior Parterres.....	60
Figura 36. Espacio actual por el que cerca de la Autopista General Rumiñahui.....	62
Figura 37. Clasificación por sexo de los encuestados.....	63
Figura 38. Opinión de los encuestados a la creación de una ciclovía en la AGR.....	63
Figura 39. Clasificación del uso de la ciclovía	63
Figura 40. Días en que los encuestados utilizarían la ciclovía.....	64
Figura 41. Condiciones de la granulometría recomendada.....	67
Figura 42. Estructura del pavimento	68
Figura 43. Tipos de barandas	69
Figura 44. Señales Regulatorias PC6.....	71
Figura 45. Señales Regulatorias RC1	72
Figura 46. Señales Regulatorias RC2	73
Figura 47. Señales Regulatorias RC3	74
Figura 48. Señales de Información ICI-1.....	75
Figura 49. Señales de Información ICI-2.....	75
Figura 50. Marcas en el pavimento.....	77
Figura 51. Señalización para zonas de rebase.....	78
Figura 52. Señalización en zona de rebase prohibido.....	78
Figura 53. Señalización en aproximación a intersecciones.....	78
Figura 54. Clasificación por sexo	85
Figura 55. Clasificación por actividades.....	85
Figura 56. Respuestas sobre la creación de una ciclovía en la AGR.....	86
Figura 57. Uso futuro de la ciclovía según usuarios encuestados.....	86
Figura 58. Días de la semana que utilizarían la ciclovía.....	87

	xii
Figura 59. Posibles usuarios futuros según encuestas	87
Figura 60. Levantamiento dimensión de veredas	104
Figura 61. Levantamiento la dimensión de parterres	104
Figura 62. Esquema Sección tipo A.....	105
Figura 63. Fotografías sección A.....	105
Figura 64. Esquema Sección tipo B.....	105
Figura 65. Fotografías sección B	105
Figura 66. Esquema Sección tipo C.....	106
Figura 67. Fotografías sección C	106
Figura 68. Esquema Sección tipo D.....	106
Figura 69. Fotografías sección D	107
Figura 70. Esquema Sección tipo E	107
Figura 71. Fotografías sección E	107
Figura 72. Esquema Sección tipo F	108
Figura 73. Fotografías sección F.....	108
Figura 74. Esquema Sección tipo G.....	108
Figura 75. Fotografías sección G	109
Figura 76. Esquema Sección tipo H.....	109
Figura 77. Fotografías sección H.....	109
Figura 78. Esquema Sección tipo I	110
Figura 79. Fotografías sección I.....	110
Figura 80. Esquema Sección tipo J	110
Figura 81. Fotografías sección J	111
Figura 82. Esquema Sección tipo K.....	111
Figura 83. Esquema Sección tipo K.....	111
Figura 84. Esquema Sección tipo L.	112
Figura 85. Esquema Sección tipo L.	112
Figura 86. Esquema Sección tipo L*	113
Figura 87. Esquema Sección tipo L*	113
Figura 88. Intercambiador la armenia 1	113
Figura 89. Esquema Sección tipo A*	114

	xiii
Figura 90. Esquema Sección tipo A*.....	114
Figura 91. Obtención de la pendiente en un tramo de la autopista	115
Figura 92. Ciclista seguido por vehículos en la Av. General Rumiñahui.....	118
Figura 93. Ciclistas profesionales y no profesionales en la AGR.....	119
Figura 94. Peatones movilizandose por la calzada	119
Figura 95. Intercambiador la armenia 2.....	121
Figura 96. Salida del intercambiador la armenia 1 hacia la AGR.....	121
Figura 97. Vista del intercambiador la Armenia 1.....	123
Figura 98. Espacio disponible.....	123
Figura 99. Velocidad permitida a partir del puente sobre el río San Pedro 50km/h.....	124
Figura 100. Puente sobre el intercambiador la Armenia 1 para el cruce de ciclistas....	125
Figura 101. Fotografía de la sección actual del puente sobre el río San Pedro	125
Figura 102. Esquema de la sección actual del puente sobre el río San Pedro	125
Figura 103. Ancho (1.20m) de la vereda del puente sobre el río San Pedro.....	126
Figura 104. Ancho (1.0m) del parterre sobre el puente del río San Pedro.....	126
Figura 105. Detalle de la sección propuesta (Dirección Quito – Valle)	126
Figura 106. Sección Típica – alternativa 1	145
Figura 107. Sección Típica – alternativa 2	146
Figura 108. Sección Típica/Km 7+660.00 - Km 7+940.00	146
Figura 109. Calle Geovanny Farina.....	147
Figura 110. Calle Isla Baltra	147
Figura 111. Entrada de Alcantarilla cuadrada.....	160
Figura 112. Entrada de Alcantarilla circular.....	160
Figura 113. Ubicación de las entradas de alcantarillas en la AGR.....	161
Figura 114. Desfogues de cunetas laterales a quebradas o alcantarillas	162
Figura 115. Mapa de zonificación de intensidades de precipitación	164
Figura 116. Valores de C para diferentes tipos de terrenos	165
Figura 117. Capacidad hidráulica de cunetas triangulares.....	168
Figura 118. Sección transversal propuesta de cuneta	168
Figura 119. Velocidades del agua con que erosionan los diferentes materiales	170
Figura 120. Hondonada #1	171

Figura 121. Hondonada #2.....	171
Figura 122. Hondonada #3.....	171
Figura 123. Hondonada #4.....	172
Figura 124. Hondonada #5.....	172
Figura 125. Hondonada #6.....	172
Figura 126. Hondonada #7.....	173
Figura 127. Hondonada #8.....	173
Figura 128. Hondonada #9.....	173
Figura 129. Hondonada #10.....	174
Figura 130. Esquema de esfuerzos actuantes en el muro	176
Figura 131. Esquema de los pesos que actúan en el muro.....	176
Figura 132. Esquema de momentos que actúan en el muro.....	178
Figura 133. Fuerzas de diseño para protecciones vehiculares	182
Figura 134. Niveles de resistencia de las protecciones vehiculares en puentes.....	183
Figura 135. Protección para tráfico vehicular	184
Figura 136. Fuerzas y longitudes de distribución para protecciones vehiculares	186
Figura 137. Protección maciza de hormigón	188
Figura 138. Fuerzas y longitudes para una protección vehicular TL-4	188
Figura 139. Nomenclatura.....	188
Figura 140. Dimensiones adoptadas. Protección lateral maciza.....	189
Figura 141. Segmentos que forman la sección transversal de la protección.....	190
Figura 142. Segmento 1 para el análisis de parapeto respecto al eje horizontal.....	193
Figura 143. Corte transversal del parapeto de hormigón	202
Figura 144. Protecciones vehiculares metálicas	204
Figura 145. Potencial de impacto de las ruedas, paragolpes o capo contra postes	206
Figura 146. Criterio para determinar el retiro de los postes.....	207
Figura 147. Características del Poste	209
Figura 148. Cargas en placa base.....	213
Figura 149. Solicitaciones en placa base	214
Figura 150. Análisis para pernos de anclaje sometidos a tensión.....	215
Figura 151. Presión en la placa base	217

	xv
Figura 152. Pernos de anclaje	219
Figura 153. Poste de anclaje barrera de dos rodillos/Vista Frontal (mm).....	224
Figura 154. Señalización horizontal en ciclovia	228
Figura 155. Ejemplos de una ciclovia y acera unidas	228
Figura 156. Puente peatonal que une dos lados de la AGR.	229
Figura 157. Elevación de una bicicleta por medio de un sistema de poleas.....	230
Figura 158. Pasamanos que se reemplazarán para recibir las bicicletas.....	231
Figura 159. Vigas en las cuales se instalarán las poleas	231
Figura 160. Esquema de la instalación del sistema de poleas.....	231
Figura 161. Situación actual de ciclistas.....	232
Figura 162. Esquema de la colocación de las rampas.....	233
Figura 163. Pancha Antideslizante	233
Figura 164. Inflación Anual 2015 – 2018.....	257

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población, Bicicletas y Densidad por país	22
Tabla 2. Cuento de personas que utilizan la autopista	31
Tabla 3. Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.....	32
Tabla 4. Características Técnicas	34
Tabla 5. TPDA Futuro en la Av. General Rumiñahui.....	35
Tabla 6. TPDA Futuro en la Av. General Rumiñahui.....	35
Tabla 7. Ancho de ciclovía y la velocidad de operación.....	44
Tabla 8. Velocidad de Diseño en Función de la Pendiente.....	46
Tabla 9. Relación de Velocidad – Radio.....	47
Tabla 10. Sobreanchos de Ciclovías por pendiente.....	48
Tabla 11. Sobreancho por radios de curvatura.....	48
Tabla 12. Accidentes de tránsito Autopista General Rumiñahui	54
Tabla 13. Nombres de los barrios aledaños a la Autopista General Rumiñahui.....	61
Tabla 14. Ciclovías Construidas	79
Tabla 15. Problemas percibidos por los encuestados	88
Tabla 16. Características de la vía.....	115
Tabla 17. Tráfico de Bicicletas en ciudades No planificadas	144
Tabla 18. Valores de Elementos Básicos	149
Tabla 19: Elemntos de Curvas Horizontales – Alternativa 1	149
Tabla 20. Elementos de Curvas Horizontales – Alternativa 2	151
Tabla 21. Elementos de Curvas Horizontales – Alternativa 3	153
Tabla 22. Gradientes longitudinales.....	155
Tabla 23. Elementos de Curvas Verticales – Alternativa 1.....	155
Tabla 24. Gradientes longitudinales.....	156
Tabla 25. Elementos de Curvas Verticales – Alternativa 2.....	157
Tabla 26. Gradientes longitudinales.....	157
Tabla 27. Elementos de Curvas Verticales – Alternativa 3.....	158

	xvii
Tabla 28. Ubicación de las alcantarillas a lo largo de la AGR.....	161
Tabla 29. Datos de las Quebradas	174
Tabla 30. Características de los Muros	179
Tabla 31. Resultados Muros.....	180
Tabla 32. Resultados Protección de Parapeto	196
Tabla 33. Resultados Protección Metálica	212
Tabla 34. Cuadro Comparativo Elementos de Protección Vial.	225
Tabla 35. Análisis de las dos alternativas	234
Tabla 36. Resumen movimiento de tierras – Alternativa 1	237
Tabla 37. Resumen movimiento de tierras – Alternativa 2.....	237
Tabla 38. Resumen movimiento de tierras – Alternativa 3.....	238
Tabla 39. Lista de Rubros	239
Tabla 40. Rubros y Cantidades de Obra.....	241
Tabla 41. Gastos de Mantenimiento.....	256
Tabla 42. Gasto de Combustible	256
Tabla 43. Gastos en un año	256
Tabla 44. Ingresos Totales	256
Tabla 45. Cálculo del VAN para un periodo de 10 años	258
Tabla 46. Variación del VAN	259

RESUMEN

El estudio de prefactibilidad de la Ciclovía en la Autopista General Rumiñahui, provincia de Pichincha, Cantón Quito, fue escogido como tema de investigación con el objetivo de conocer la viabilidad de crear un espacio seguro para que transiten ciclistas y peatones a lo largo de toda la autopista, ofreciendo de esta manera un servicio para el transporte individual que actualmente existe pero sin las seguridades pertinentes. El estudio realizado cuenta con dos frentes, el diseño técnico de la ciclovía es decir diseños geométricos preliminares, diseños de drenaje, señalización, cantidades y presupuestos, estos diseños se realizaron para tres alternativas de rutas propuestas. Adicional a esto se realizó la parte de formulación y evaluación de proyectos considerándolo como un proyecto social, se realizaron encuestas para determinar el interés de las personas influenciadas directamente con la implementación de esta infraestructura y conocer el uso futuro que la población daría a este servicio y se realizó entrevistas a las autoridades de la Administración Zonal del Valle de los Chillos, la Administración del Peaje, la Dirección de Vialidad del Gobierno Provincial y se conversó con el Gerente de la Cooperativa de buses Valle de los Chillos para conocer de igual manera sus criterios y respaldos hacia esta iniciativa, todo lo mencionado se presenta en cuadros y matrices que forman parte de la evaluación de proyectos. Para las tres alternativas de rutas se propuso una ciclovía de 3.0 metros de ancho segregada bidireccional unida a una acera de 1.0 metro de ancho que servirá como espacio para los peatones, de esta manera se considera la existencia de peatones y su necesidad igualmente de un espacio seguro, se estima más de 2500 usuarios que corresponden únicamente al 5% de la población encuestada del 70% que demostró su respaldo positivo a la implementación de este proyecto.

PALABRAS CLAVES:

- **CICLOVÍA**
- **AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI/**
- **QUITO**
- **CICLOVIA SEGREGADA**
- **ACERABICI**

ABSTRACT

The feasibility study of a bicycle route along the General Rumiñahui Highway, Pichincha Province, Canton Quito, was chosen as a research topic with the objective of knowing the feasibility of creating a safe space for cyclists and pedestrians to travel along the entire highway, thus offering a safer service for individuals along this dangerous road. This study has two phases. The first one is the technical design of the bicycle route (i.e. preliminary geometrical designs, drainage designs, signaling, quantities and budgets). These designs allow for three alternatives to the proposed routes. Second, the project formulation and evaluation part considered all the initiative as a social project. Surveys were carried out to determine the interest of the people directly influenced by the implementation of this infrastructure, and to understand which population would be utilizing it. Authorities of the Valle de los Chillos, Regional Administration, the Toll Administration, the Provincial Government Highway Division, and the Manager of the Chillos Valley Cooperative were interviewed to learn their stance and to initiate support for this initiative. All of this is presented in statistical tables and matrixes. Out of the original three designs, a two-way segregated bicycle route of 3 meters wide with a sidewalk of 1 meter wide was chosen for pedestrian safety. It is estimated to have an average of more than 2500 users per day corresponding to 5% of the 70% surveyed population who showed support for the implementation of this project.

KEYWORDS:

- **CYCLE ROUTE**
- **GENERAL RUMIÑAHUI HIGHWAY**
- **QUITO**
- **SAFE CYCLE WAY**
- **ACERABICI**

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

La bicicleta ganó importancia en el campo de la salud, una de las preocupaciones más importantes del siglo XX, como un medio para mejorar la calidad de vida y de desarrollo hacia un sujeto más productivo y a construir naciones más competitivas. Cada vez hay más ciclistas en el mundo que combaten no solo la contaminación sino que encuentran en la bicicleta una opción para movilizarse con mayor rapidez. Cada día se unen más gobiernos de todo el mundo para promover la construcción de ciclovías o ciclopistas, convirtiendo su uso en una tendencia urbanística para sus naciones.

La primera ciclovía del mundo se construyó en Breda-Tilburg, Holanda. Se trataba de un sendero pavimentado de 1,4 km, al lado de un camino adoquinado. Para 1920, cerca del 75% de los holandeses se transportaban en bicicleta; y la primera norma jurídica relacionada con las ciclovías apareció en Alemania en 1934, esta decía: “Cuando se le asigna un camino a un determinado tipo de tráfico (Caminos, Ciclo Pista, caminos de herradura), entonces este tráfico está restringido a esa parte de la carretera asignada”. Hamburgo, en Alemania es la ciudad del mundo con mayor número de ciclovías y ciclocarriles, tiene alrededor de 1850km, y en América Latina la ciudad con más ciclovías trazadas y construidas es Bogotá con alrededor de 401km. (Wesura, 2016).

En el Ecuador existe el Plan Nacional de Ciclovías el cual es una estrategia para masificar el uso de la bicicleta a través de la generación de políticas a favor de la movilidad en este medio de transporte, mediante la incorporación de infraestructura ciclista (ciclovías), programas educativos y campañas de comunicación que permitan concebir a este vehículo como una opción de transporte cotidiano y seguro en el país.

Para consolidar este plan es necesaria la articulación de las instituciones encargadas de elaborar planes, sustentar y financiar proyectos, en combinación con la participación ciudadana para promover la movilidad sostenible como uno de los componentes para alcanzar el Buen Vivir. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2016).

Dentro del Proyecto de Ciclovías a nivel nacional se encuentra la lista de las ciclovías construidas en el Ecuador con éxito hasta la actualidad, de las cuales solamente se registra una ciclovía en el Cantón Quito capital de la Provincia de Pichincha la cual se encuentra en la ruta: Luluncoto – Cumbayá con 15km de ciclovía, sirviendo como un medio alternativo de distracción para alejar el estrés de la agitada rutina, esta ciclovía es parte del proyecto de ampliación de la ruta sobre la línea Férrea conocida como ‘El Chaquiñán’, desde los talleres del Ferrocarril en Chiriyácu (sur de Quito) hasta la parroquia de El Quinche. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2016)

La incorporación de infraestructura para ciclistas es motivada por el compromiso Presidencial No. 12461 que tiene como finalidad *integrar a la bicicleta como una opción segura y funcional en la movilidad de los ecuatorianos*. De esta manera es importante sensibilizar a la ciudadanía sobre los beneficios de su uso y la importancia del respeto a este modo de transporte. (MTO, 2012)

1.2. JUSTIFICACIÓN

EL Distrito Metropolitano de Quito cuenta con una población de 2’239.191 habitantes (INEC,2010) y su proyección para el año 2016 y 2020 es de 2’597.989 y 2’781.641 respectivamente; así mismo el 44.6% de la superficie de la provincia de Pichincha es ocupada por el DMQ, “Quito como ciudad esta dividida en tres concentraciones poblacionales, la denominada macrocentralidad y dos concentraciones adicionales una en cada valle tanto en Los chillos como en Tumbaco, los cuales están divididos entre si por el cerro Ilaló” (Vinueza, 2010).

Esta dispersión territorial ocasiona que la única forma de movilidad permisible sea la dada por el automotor, las autoridades no han ejecutado y quizá no han planteado soluciones alternativas de movilidad, tales como la bicicleta. Específicamente el valle de los chillos está separado de la macrocentralidad de Quito por una autopista que no brinda facilidades seguras para el uso de la bicicleta, el cual es un medio de transporte que puede solventar la necesidad cotidiana para una movilización esporádica, de aventura o de recreación.

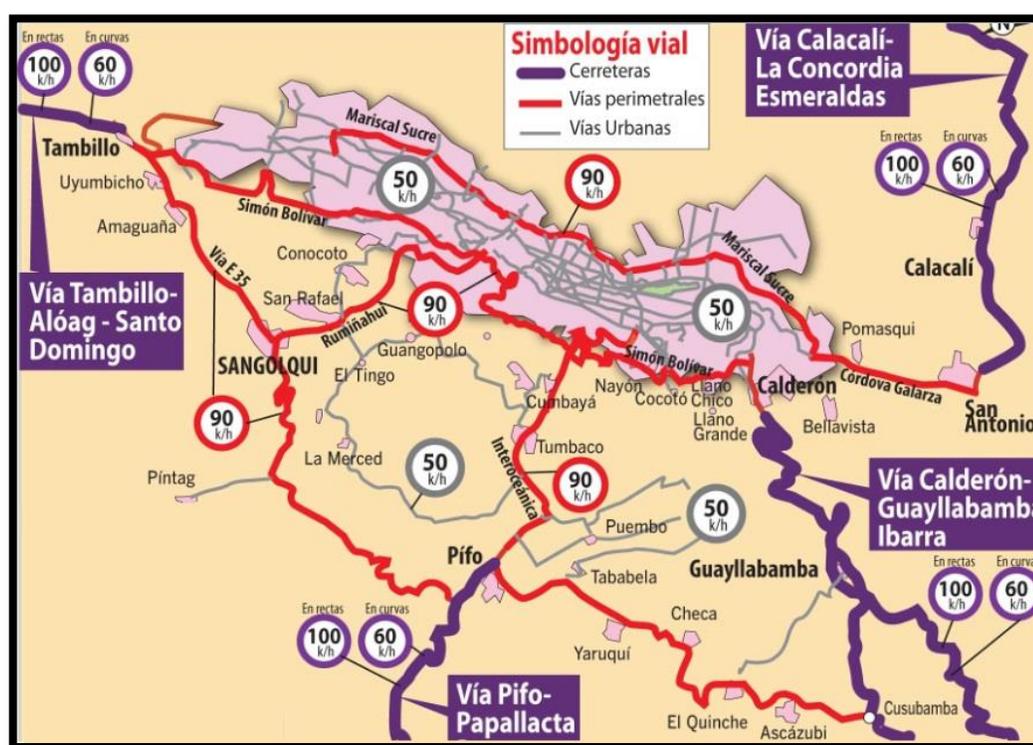


Figura 1. Esquema del DMQ, sus conexiones y poblaciones alrededor

Fuente: (Diario La Hora, 2012)

El Valle de los Chillos es un territorio de accesos a lugares recreativos y un desfogue para los habitantes de la macrocentralidad por lo que un flujo de personas del 70% tal como se demuestra en el estudio de mercado realizado, estarían dispuestos a usar este medio de transporte en al autopista si fuera mas segura.

Por otra parte estas características territoriales inciden en un aumento constante del parque automotor, afirmando que la tendencia de este será siempre de manera creciente, creando en un futuro una movilidad insostenible; a continuación se observa en la Figura 2 que la mayoría de ciudadanos utiliza el transporte motorizado ya sea público o privado y en un porcentaje mucho menor el transporte no motorizado y en la Figura 3 la proyección para el año 2030 del parque automotor en el DMQ.

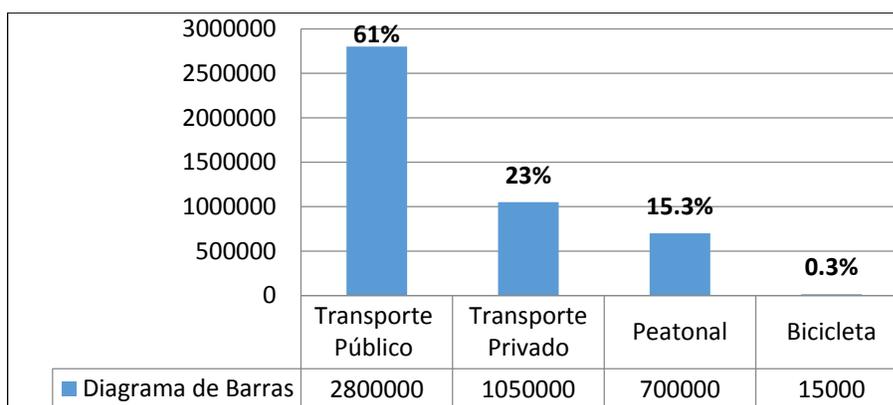


Figura 2. Modos de Transporte proyectados al 2014

Fuente: Estudio de movilidad – proyecto Metro de Quito 2011

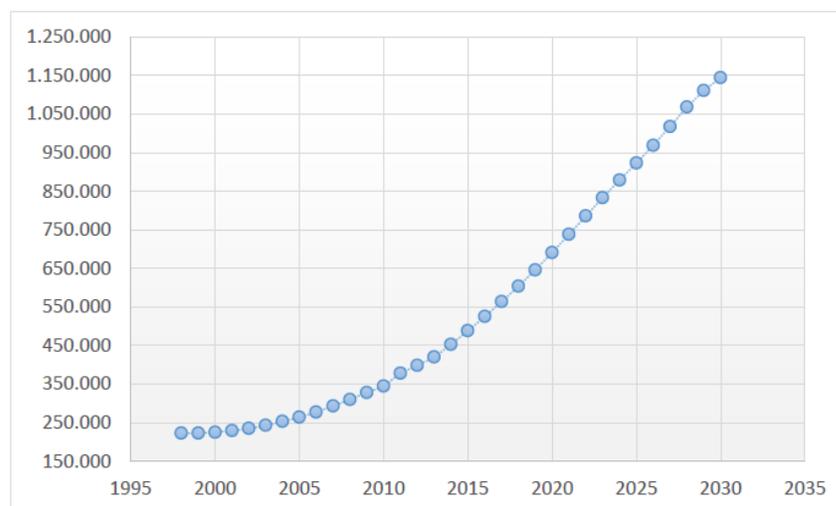


Figura 3. Evolución del parque automotor en el DMQ

Fuente: Secretaría de Movilidad AMT

Quito ya no es solo el centro de la ciudad pues conforma con los valles un solo núcleo urbano, a medida que crece la población crece también la demanda de movilidad y se necesita diferentes tipos de conexiones lo que ha significado el aumento del uso del vehículo y del transporte público, lo cual se ha convertido en el modelo paradigmático de movilidad en la urbe, dejando de lado otros tipos de movilidad sustentable. El Consejo Mundial de Negocios (2010) dice que para el desarrollo sustentable se debe buscar alternativas de transporte ecológicas y socialmente amigables. El transporte motorizado es uno de los muchos medios existentes para facilitar la movilidad pero existen los modos alternativos como caminar y ciclear los cuales son menos contaminantes y más saludables.

Con toda esta información se propone un plan de interconexión basado en modelos de movilidad sustentable para un tramo de la ciudad de Quito en la Autopista General Rumiñahui que une al cantón Rumiñahui con el cantón Quito y es un medio por el cual se movilizan diariamente miles de personas como se puede observar en las Figuras 4, 5 y 6; y que al mismo tiempo pueda ser utilizado como un espacio seguro para la recreación deportiva, encuentros ciudadanos y actividades físicas de una manera masiva y llamativa; la importancia de esta investigación radica en crear un plan promotor de uso de una alternativa de movilidad, promover un menor uso de automotores, posibilidad de generar estilos de vida saludables y un cambio cultural.

Finalmente la propuesta de este proyecto no es crear de cero una ciclovía en la Autopista General Rumiñahui pues esta vía ya existe, como se puede observar en las siguientes imágenes, más bien se trata de dar las condiciones para que la vía tenga las características de seguridad que se requieren para la movilidad de ciclistas y peatones, los cuales ya existen y con la implementación de un espacio seguro aumentarían.



Figura 4. Ciclistas profesionales en la Autopista General Rumiñahui



Figura 5. Ciclistas ocasionales en la dirección Valle-Quito.



Figura 6. Peatones transitando por un extremo de la AGR

1.3. UBICACIÓN

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se seleccionó la “Autopista General Rumiñahui” una de las vías principales de acceso entre el Cantón Rumiñahui y el Cantón Quito. Vía perimetral del DMQ.

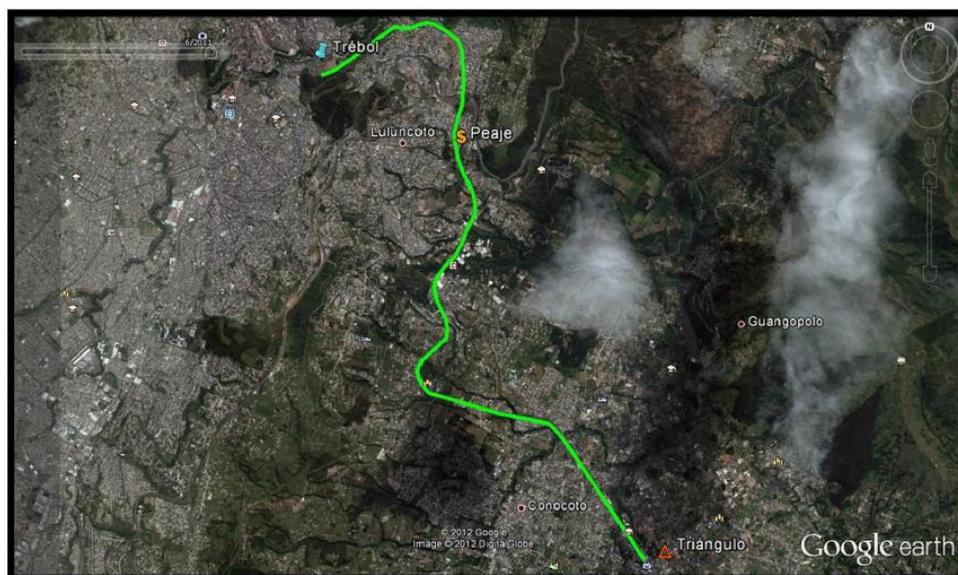


Figura 7. Autopista General Rumiñahui

Fuente: Google earth



Figura 8. Tráfico de la mañana en la Autopista General Rumiñahui

La Autopista General Rumiñahui forma parte de la red vial provincial, administrada por el Gobierno Provincial de Pichincha se inauguró en 1977 y es una de las principales vías conectoras entre el Cantón de Quito y el Cantón Rumiñahui, con 12km de longitud; la autopista inicia desde el Trébol y finaliza en el puente sobre el río San Pedro, a partir de ese puente se convierte en la Avenida General Rumiñahui que es

una vía interna perteneciente al Cantón Rumiñahui la cual solo cuenta con cuatro carriles. (El Comercio, 2015).

1.4. HIPÓTESIS

La propuesta de la creación de una ciclovía en la Autopista General Rumiñahui tendrá gran acogida por parte de los ciudadanos que habitan, laboran o simplemente pasean los fines de semana por los lugares adyacentes a la misma, motivando así una nueva alternativa de movilidad sustentable.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Ejecutar el estudio de prefactibilidad de la ciclovía en la Autopista General Rumiñahui.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de prefactibilidad de la ciclovía en la Autopista General Rumiñahui entre los sectores el Triángulo hasta el Puente 1.
- Demostrar la viabilidad positiva o negativa del proyecto y los recursos necesarios.
- Presentar alternativas de rutas de la ciclovía como una opción más de recreación y movilidad para los ciudadanos de las parroquias del Cantón Rumiñahui y del Cantón Quito que se encuentran cercanas a la ubicación del proyecto.
- Usar las normas técnicas nacionales e internacionales para un adecuado diseño de cada elemento y componente del proyecto.

1.6. ALCANCE

El presente trabajo de investigación pretende obtener una respuesta frente a la interrogante de la posibilidad de crear una ciclovía en la Autopista General Rumiñahui, demostrándolo a través del análisis de encuestas, del estudio de prefactibilidad, de un recorrido por la Autopista General Rumiñahui para la recolección de datos y finalmente presentando un pre-diseño de la ciclovía en planos, además del estudio e investigación previo que se realizó para la obtención de dichos resultados.

1.7. LIMITACIONES

- La superficie del cantón Quito según el censo del 2010 es de 4.230km² lo que significa que realizar un estudio de prefactibilidad de ciclovías para mejorar la movilidad en todo el cantón Quito nos llevará más de 12 meses, tiempo límite para realizar la investigación, es por eso que ha delimitado el área de estudio y escogido el tramo de la Autopista General Rumiñahui desde el puente 1 hasta el sector el Triángulo en San Rafael.
- La falta de información como los nombres de todos los barrios afectados en este proyecto nos obliga a presentar solamente la información recolectada y encontrada en bases de datos.
- Al ser un proyecto de prefactibilidad y una tesis de grado que no cuenta con la disponibilidad de los recursos económicos no se realizó un levantamiento topográfico de la superficie que abarca la autopista para el proyecto, aproximadamente 50Ha, se optó trabajar para la altimetría con una topografía realizada por SIGTIERRAS en colaboración con docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE facilitada por el ingeniero Oswaldo Padilla docente investigador de la carrera de ingeniería geográfica y para los detalles de la planimetría se trabajó con el programa QGIS 2.14.3 el cual es un sistema de información geográfica SIG de código libre que nos permitió definir de manera general en el terreno los elementos como el borde de la autopista y las calles transversales a esta.

1.8. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para la realización del proyecto de investigación se dividió el trabajo en dos áreas importantes:

1.8.1 Trabajo de Campo

Este tipo de investigación fue la primera que se llevó a cabo porque nos permite conocer de cerca las opiniones y necesidades de las personas, sin este tipo de investigación no fuera posible la obtención de resultados, por tal motivo se realizó encuestas, entrevistas y observaciones. El orden en que se realizó el trabajo de campo lo se detallará a continuación:

➤ Entrevistas

Para constatar más de cerca el respaldo o negativa que tiene el proyecto se realizó entrevistas a los involucrados de manera directa con el proyecto:

- Licenciada Vannesa Hidalgo, Administradora de la Unidad de Gestión de Peajes
- Coordinador de Planificación de Gestión Vial del Gobierno Autónomo Descentralizado de Pichincha
- Msc. Santiago Cáceres Coordinador Zonal del Valle de los Chillos
- Ing Iván Alvarado, Director de Obras Públicas del municipio de Rumiñahui
- Sylvain Peyron, Geógrafo urbanista del municipio del cantón Rumiñahui
- Alex Herrera, Gerente de la Cooperativa de transporte público Los Chillos

➤ Encuestas

La investigación por encuestas está orientada a la recopilación de respuestas de la población que vive, trabaja o simplemente pasea por los sectores aledaños a la ubicación del proyecto, para conocer el interés o importancia que ellos determinan que tiene una ciclovía en la Autopista General Rumiñahui. Nuestro objetivo fue conocer respuestas

como: si utilizarían o no la ciclovía, si conocen de personas que utilizarían la ciclovía, etc., Primero se realizó una encuesta piloto para el análisis de la idea a 13 personas y posteriormente se realizó la encuesta a 386 personas para un análisis más amplio, ambas encuestas se encuentran detalladas con más amplitud en el capítulo 3.

➤ **Observaciones**

Dentro del desarrollo del proyecto estrictamente hubo la necesidad de realizar varias visitas a la ubicación del proyecto, para recolectar no solo la información de las encuestas sino datos físicos como son los límites encontrados para el trazado de la ruta de la ciclovía, los datos que se recolectaron fueron: proximidad a la Autopista General Rumiñahui de construcciones, taludes o quebradas; conteo de las personas que diariamente salen a la autopista a realizar algún tipo de ejercicio y clasificarlos por las actividades que realizan, para posteriormente poder determinar un porcentaje de personas que en la mañana caminan, trotan o ciclean, igualmente observar si existe la presencia de ciclistas profesionales que practiquen en la autopista al igual de la presenciade personas que utilicen la bicicleta como alternativa de movilidad hacia sus trabajos. Todo esto nos permite caracterizar de manera eficaz los posibles usuarios del proyecto.

1.8.2 Trabajo de Oficina

El trabajo de oficina consta de:

La recopilación de bibliografía lo cual se refiere a los textos publicados en sitios web referentes al desarrollo de ciclovías y ciclopaseos en distintas ciudades del mundo, la publicación de normas, manuales y guías de diseño del trazado de la ciclovías que nos sirven para justificar decisiones tomadas en el desarrollo del proyecto y también se recopiló teorías para realizar un muestreo y de cómo analizar los datos obtenidos de la muestra. En fin se refiere a toda la recopilación de información que se realizó a lo largo del proyecto.

Análisis por escrito de los resultados que se obtuvieron en las encuestas y la redacción en sí de todo el proyecto desde su inicio como son los antecedentes, justificación, objetivos, alcance, limitaciones, etc., hasta las conclusiones y recomendaciones.

Diseño de la ciclovía para lo cual se trabajó con tres programas de computación los cuales son el AutoCad 2017, el AutoCad Civil 3d 2017 y el QGIS, los dos primeros son un software de diseño utilizados para el dibujo en 2D y 3D para ingeniería, el tercer programa es un sistema de información geográfica que nos permite manejar formatos raster y vectoriales al igual que realizar dibujos en formato shp utilizando como base información web de google maps o cualquier imagen raster obtenida de otros sitios como en este caso fue la página del instituto geográfico militar, los cuales se transforman a formatos dxf y nos permiten continuar con el dibujo en AutoCAD para la realización de los planos temáticos que se indicarán en el capítulo 3.

Para este diseño primero se obtuvo la topografía del sitio y posteriormente se trazó la planimetría a detalle, es decir ubicar en el plano las construcciones, taludes o quebradas, los cuales representaron posteriormente los limitantes del diseño de la ciclovía, luego para el trazo de las secciones se realizó primero varias visitas al sitio del proyecto para identificar exactamente su ubicación de la realidad al plano, luego de identificar las secciones se colocó en el plano con la ayuda de los programas de diseño antes mencionados y se trazó el diseño final de las tres posibles rutas de la ciclovía. Todo lo expuesto en en este apartado se encuentra a detalle en los capítulos 3 y 4.

CAPITULO II

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1 Definición de Ciclovía

Es el nombre genérico dado a parte de la infraestructura pública u otras áreas destinadas de forma exclusiva o compartida para la circulación de bicicletas. La ciclovía puede ser cualquier carril de una vía que ha sido señalizada apropiadamente para este propósito o una vía independiente donde se permite el tránsito de bicicletas. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), 2013)

2.1.2 Diseño de Ciclovía

El diseño de un sistema de Ciclovía debe ser directo, cómodo, atractivo y seguro para su finalidad, por lo que depende de las características históricas, de la evolución y del planteamiento de la vía en estudio. De esta manera, el caso de las vías antiguas es diferente al caso de las vías nuevas. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), 2013)

A continuación se describe los cuatro tipos de ciclorutas que se pueden diseñar dependiendo del espacio disponible.

2.1.2.1 Ciclovía con espacio propio o en andén

Son aquellas vías separadas del tráfico de los vehículos motorizados por un espacio abierto o un parterre ubicado en el lado izquierdo, derecho o interno de la vía, como se observa en la Figura 9. Ciclovía con espacio propio en doble sentido. Estas vías son típicamente usadas por peatones, corredores, patinadores y ciclistas como vías de doble sentido o bidireccional. Las vías separadas pueden ser apropiadas cuando hay pocas intersecciones, además es el diseño más seguro para los ciclistas, al tener un parterre que impide el paso de los carros a la ciclovía. Una desventaja de este tipo de

ciclovía es que se requiere un mayor espacio para su construcción y se dificulta la implementación en vías pequeñas existentes. (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

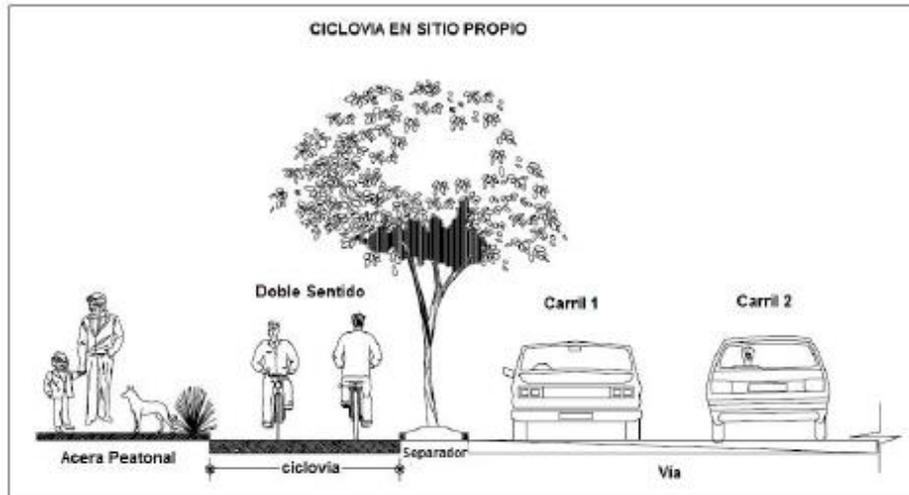


Figura 9. Ciclovía con espacio propio en doble sentido.

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

2.1.2.2 Ciclovía con espacio compartido

El espacio de la ciclovía está compartido con la calzada para uso exclusivo o preferencial de los ciclistas en las áreas urbanas, Figura 10. Las ciclovías son apropiadas en muchas vías arteriales urbanas y en calles colectoras. Cuando el espacio es reducido e impide el diseño de una Ciclovía con espacio propio, puede pensarse en estudiar la implantación de fajas para ciclistas, las cuales consisten en separar un espacio exclusivo para bicicletas de la calzada destinada al tránsito motorizado. La Ciclovía compartida deberían estar siempre señalizadas para llamar la atención a un uso preferencial de los ciclistas. (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

Las ciclorutas son implementadas a través de:

- Reducción en los carriles de los automóviles.
- Eliminación de un carril de automóviles.

- Eliminación del estacionamiento lateral, excepto donde éste es esencial para el uso del suelo adyacente.
- Ampliación de espaldones.

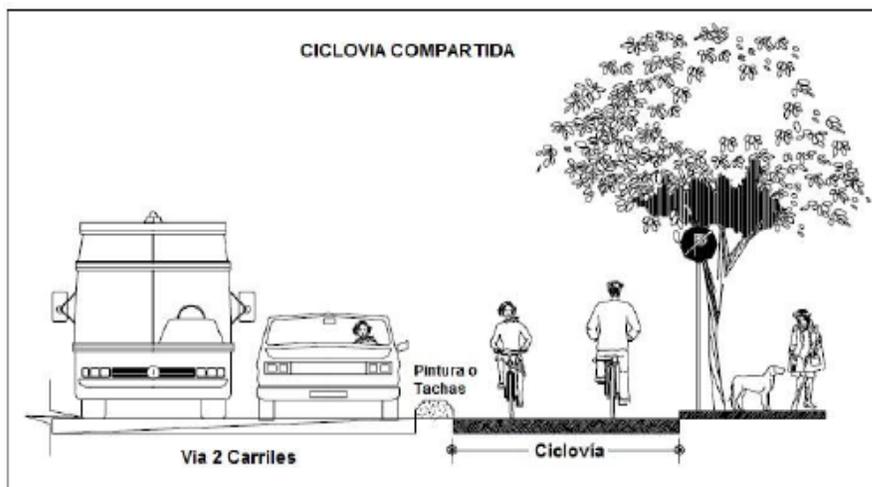


Figura 10. Ciclovía con espacio compartido.

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

2.1.2.3 Bulevar para bicicletas

El bulevar para bicicletas es una calle con bajos volúmenes de tráfico donde el movimiento de los ciclistas adquiere prioridad en perjuicio del flujo vehicular. Un bulevar para bicicletas es creado a partir de la modificación de la operación de una calle local a una calle para ciclistas pero manteniendo el acceso local para los automóviles. Las medidas para reducir el tráfico son usadas para controlar las velocidades del tráfico y desestimular completamente los viajes en automóvil. El control de tráfico está destinado a limitar los conflictos entre automóviles y bicicletas, y a dar prioridad al movimiento de bicicletas. Las ciclovías no son necesarias en los bulevares. (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

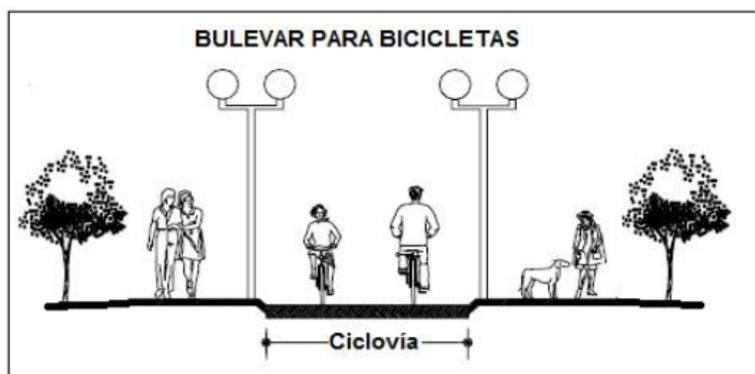


Figura 11. Bulevar para bicicletas

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

2.1.2.4 Vías Compartidas

En una calle compartida, ciclistas y conductores comparten los mismos espacios. El conductor de un vehículo motorizado usualmente tendrá que invadir la faja adyacente para adelantar a un ciclista, a menos que un sobreancho le sea dado a dicha faja. Las calles compartidas son adecuadas en calles de vecindarios con bajos volúmenes de tráfico. (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999).

En carriles menores a los 3m el ciclista puede usar el carril completo para circular. A su vez en carriles con dimensiones mayores a los 3m el ciclista deberá ocupar el extremo derecho de la vía para facilitar el rebase del vehículo motorizado, como se muestra en Figura 12. En ambos casos los carriles deberán estar señalizados con marcas de pavimento que informen sobre la presencia de ciclistas en las vías. (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013).

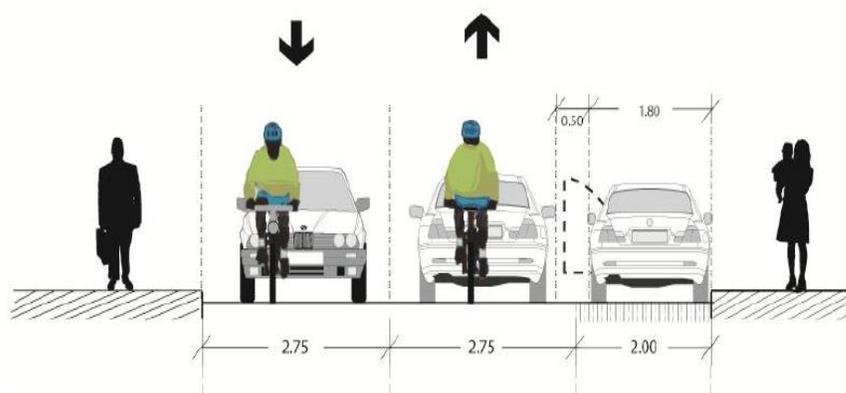


Figura 12. Vía menor a 3m compartida con ciclistas
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

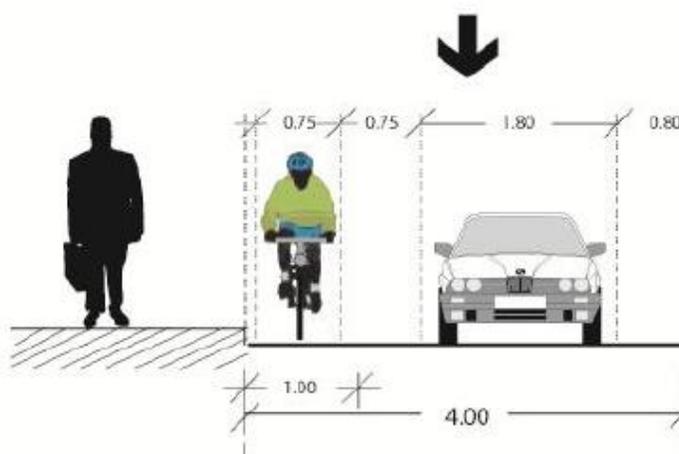


Figura 13. Vía mayor a 3m compartida con ciclistas
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

NÚMERO PROMEDIO DE VEHÍCULOS POR DÍA	INFRAESTRUCTURA DE RUTA RECOMENDADA
<3.000	Calle común, a menos que se especifique sobre la red de ciclorutas un bulevar o una conexión señalizada.
>3.000	Cicloruta. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, mejoras con medidas para pacificación del tráfico resultan aceptables.*
>3.000 <10.000	Cicloruta. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, mejoras con medidas para pacificación del tráfico o fajas con sobrancho resultan aceptables.*
>10.000 <20.000	Cicloruta. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, fajas con sobrancho son aceptables.*
>20.000	Ciclorutas. Donde no es posible debido a restricciones de ancho o necesidades de estacionamiento, la alternativa de una infraestructura paralela debería ser desarrollada.

Figura 14. Recomendaciones de tipo de ciclovía

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

2.1.3 El ciclismo y sus beneficios

El ejercicio físico es aquel que se realiza un determinado número de veces es decir con una frecuencia mínima de 5 veces por semana, esto nos ayuda a ser proactivos en todas las áreas de nuestra vida, un informe con los lineamientos estratégicos para la creación de políticas a favor del uso de la bicicleta como alternativa de movilidad limpia en el Ecuador realizado por la embajada del Ecuador en los Países Bajos nos dice que “la bicicleta es el medio de transporte ideal para los desplazamientos entre el domicilio y el trabajo para combatir la falta de actividad física. Media hora de ejercicio ligero al día es suficiente (además de una alimentación sana).”

Un estudio publicado en Agosto del 2010 en el sitio web de noticias Science Daily nos indica que las ciudades con más caminantes y ciclistas son más saludables que aquellas ciudades donde dependen más del transporte motorizado. Los investigadores analizaron la relación que existe entre el turismo activo, andar en bicicleta o caminar en lugar de utilizar el automóvil con la obesidad y diabetes, los resultados mostraron que más de la mitad de las diferencias en las tasas de obesidad entre los países está vinculada a las tasas de andar a pie o en bicicleta, el estudio también refuerza la necesidad que existe en Estados Unidos de fomentar los desplazamientos a pie y en bicicleta creando infraestructura segura cómoda y atractiva que protejan a los peatones y ciclistas. (Universidad de Tennessee en Knoxville, 2010).

Por otro lado se conoce que el sedentarismo trae graves daños a la salud de las personas, como por ejemplo obesidad, diabetes, fibromialgia, enfermedades metabólicas y depresión, se conoce como sedentarismo a la falta de actividad física, la OMS en su informe anual sobre enfermedades no transmisibles del 2013 advierte que 3.2 millones de muertes al año son atribuidas a causas relacionadas con la baja actividad física. En Ecuador de acuerdo a un informe elaborado por el Ministerio de Salud Pública en el año 2010, la obesidad se ubicó como la séptima causa de muerte reportándose 32.758 decesos, la provincia con mayores registros fue Pichincha con 9.541 fallecimientos

seguida por el Guayas con 8.340. Adicional a esto una investigación realizada por Carlos Gustavo Gallegos Camino especialista en medicina familiar en el año 2012 denominada “Sedentarismo en Escuelas Municipales de Quito y Zona Sanitaria” concluyó que el 93.2% de las mujeres y el 85.7% de hombres del distrito metropolitano sufren de sedentarismo mientras que el 8 y 9 de cada 10 escolares apuntan a tener un modo de vida caracterizado por la escasas de agitación o movimiento.

2.1.4 La ciclovía un proyecto social

Un proyecto es un plan de trabajo conformado por varias actividades organizadas en un tiempo determinado que moviliza recursos para la obtención de objetivos definidos inicialmente, es un plan que sirve para lograr resultados. Un proyecto Social implica el tomar conciencia sobre las necesidades y problemas de la realidad social, se debe partir desde la perspectiva de las personas que viven la realidad del problema. (Análisis y Desarrollo Social de Consultores).

La construcción de infraestructura vial en el Ecuador está a cargo del Ministerio de Transporte y Obras Públicas el cual ha observado la necesidad del país y motivado la creación de espacios seguros para ciclistas a través del compromiso presidencial No. 12461 que tiene como finalidad integrar a la bicicleta como una opción segura de movilidad de los ecuatorianos.

Sumando a estos esfuerzos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas se encuentra el trabajo que realizó la Embajada de Ecuador en los Países Bajos generando un documento con una propuesta de trabajo para implementar a mediano y largo plazo alternativas de movilidad limpias en el Ecuador, que permitan el desarrollo sustentable e integral de todos sus habitantes, para esto se considera varios aspectos transversales como son una adecuada administración del territorio, infraestructura vial, seguridad, salud pública, promoción turística, deporte, cultura de paz, facilidades de integración social para personas con capacidades especiales, buenas prácticas tributarias y estímulo productivo para la industrialización del sector en el País.

2.1.5 Aspectos para la formulación de proyectos

La metodología que se utilice para la formulación de un proyecto no siempre es la misma en todos los proyectos, es decir no existe una guía que se deba seguir al 100% para obtener los objetivos propuestos en un inicio, para esta investigación se trabajó con varios manuales e información de artículos publicados con información sobre la formulación y métodos de proyectos, a continuación se detallará los puntos que se tomaron en cuenta para el desarrollo del estudio de prefactibilidad de una ciclovía en la Autopista General Rumiñahui.

Análisis de la Idea. Está compuesta por la identificación del Problema, las oportunidades posibles a aprovechar, el mercado objetivo, tamaño de la inversión, proceso tecnológico, impacto ambiental e impacto social, en el capítulo 3 se desarrolla y detalla en que consiste cada uno de ellos.

Estudios de Prefactibilidad. Esta fase del proyecto se basa en el diseño de proyectos sociales con marco lógico el cual es una técnica para conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de programas y proyectos sociales. El diseño consta del análisis de involucrados y análisis de problemas los cuales se obtienen del análisis de las encuestas y entrevistas realizadas; además del análisis de objetivos (los cuales fueron expresados en el capítulo uno), análisis de soluciones o alternativas, matriz de marco lógico y finalmente la selección de alternativas de ejecución, las cuales se presentarán como uno de los resultados del proyecto, de la alternativa seleccionada se realizará un análisis de sensibilidad para conocer la viabilidad económica.

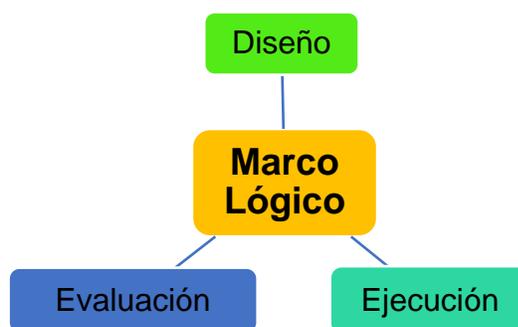


Figura 15. Estructura Inicial del Marco Lógico



Figura 16. Etapa de Formulación - Sistema de Marco Lógico

2.2. DETERMINANTES SOCIALES

2.2.1 Uso de la Bicicleta para el Buen Vivir

En el Mundo:

Algunas de las condiciones para el uso de la bicicleta están relacionados con la infraestructura, la economía y la sociedad de cada una de las ciudades, la idiosincrasia de sus habitantes que solo puede ir cambiando con el transcurso del tiempo; depende de la voluntad social y política que el uso masivo de la bicicleta sea posible.

Se calcula que en el planeta existen cerca de mil millones de bicicletas, mismas que constituyen el doble de los automotores y de las cuales la mitad están en China. Aunque China sea el país con más bicicletas seguido por Estados Unidos el más alto porcentaje de número de bicicletas por habitante se ubica en los Países Bajos donde se afirma que existe 1.1 bicicletas por habitante es decir 18'150.000 bicicletas y 16'700.000 habitantes. (Embajada del Ecuador en los Países Bajos, 2013).

La bicicleta se puede utilizar para varias actividades humanas entre las que se puede citar se encuentran: trabajo, salud, deporte, recreación, seguridad, turismo, presentaciones artísticas, etc. Dependiendo del país el uso puede ser variante, en China el principal uso de la bicicleta es para el trabajo mientras que en los Países Bajos su uso es múltiple constituyendo de esta manera un verdadero modelo para un país. (Embajada del Ecuador en los Países Bajos, 2013).

En la **Tabla 1** se puede observar un análisis realizado por la embajada del Ecuador en los Países Bajos

Tabla 1.

Población, Bicicletas y Densidad por país

País	Población	Número de Bicicletas	BIC/HB (%) En 1925	BIC/HB (%) En 2009
Holanda	16'652,800	16'500,000	30,8	99,1
Dinamarca	5'560,628	4'500,000	21,1	80,1
Alemania	81'802,000	62'000,000	17,2	75,8
Suecia	9'418,732	6'000,000	25,6	63,8
Noruega	4'943,000	3'000,000	-	60,7

Finlandia	5'380,200	3'250,000	-	60,4
Japón	127'370,000	72'540,000	-	56,4
Suiza	7'728,900	3'800,000	18,5	48,8
Bélgica	10'827,519	5'200,000	19,6	48
China	1'342,700,000	500'000,000	-	37,2
EE.UU	310'936,000	100'000,000	1,4	32,2
Francia	-	-	16,7	-
Inglaterra	-	-	14,1	-
Italia	-	-	7,5	-

Fuente: (Embajada del Ecuador en los Países Bajos, 2013)

El uso masivo de las bicicletas mejora las condiciones de seguridad de los ciclistas ya que siendo un hecho cotidiano, este mantiene en alerta a los automovilistas y en general a los conductores, quienes están así obligados a tener precaución rigurosa con los ciclistas. De otro lado, se puede afirmar que casi todo conductor o es o ha sido ciclista, por lo que conociendo la necesidad de la seguridad para el ciclista, este es quien más se preocupa de tener una conducta adecuada en el volante. Por ello, mientras más se utilicen las bicicletas mas es el grado de seguridad para los ciclistas. Ahora bien, ya en la realidad, en Holanda es muy común pasear en bicicleta y testimoniar la gentileza de los conductores frente a los ciclistas.

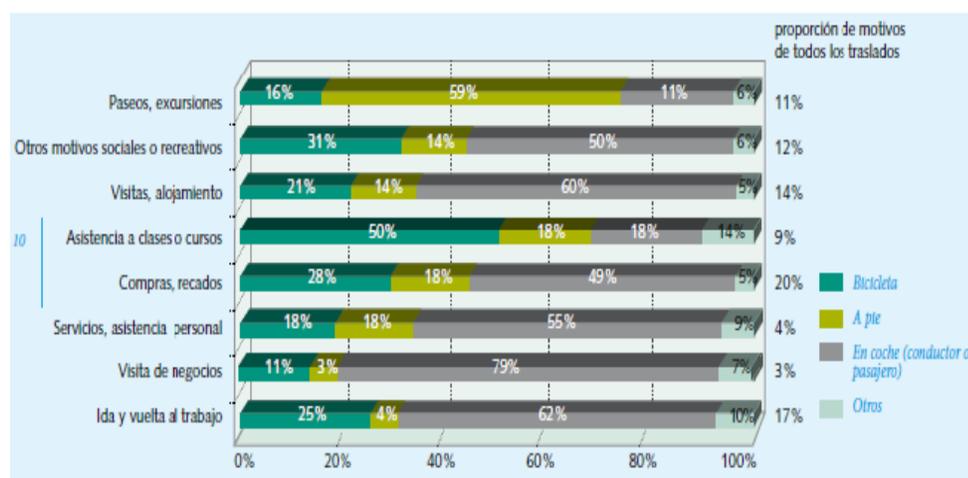


Figura 17. Motivos y modo de desplazamientos en 2007 en los Países Bajos.

Fuente: (Embajada del Ecuador en los Países Bajos, 2013)

En diferentes investigaciones aparece siempre el mismo patrón: a mayor uso de la bicicleta, mayor seguridad para los ciclistas. Existen diversas explicaciones, relacionadas con el comportamiento de los usuarios de las vías y la atención prestada a la bicicleta por las autoridades. Para empezar, cuando la bicicleta se usa con frecuencia, el comportamiento de los conductores de otros vehículos se adapta, porque la imagen de los ciclistas predomina en las calles y porque en el tráfico hay más personas con mayor experiencia respecto a ellas. Además, con frecuencia el mayor uso de la bicicleta va asociado a un menor uso del automóvil, con lo que disminuyen las ocasiones de conflicto.

En tercer lugar, casi todos los conductores de automóviles son también ciclistas (el 60 por ciento de los holandeses utiliza la bicicleta al menos tres veces a la semana y el 80 por ciento al menos una vez a la semana), lo que significa que los conductores conocen el comportamiento de los ciclistas. Por último, la explicación de la política es la siguiente: el uso habitual de la bicicleta origina un mayor apoyo a las políticas que favorecen este medio de transporte, por lo que se invierte más en infraestructuras seguras para los ciclistas.

Hay algo que no se puede pasar por alto en el ámbito de la seguridad: la responsabilidad. En algunos países, el uso de la bicicleta se ve como un peligro, lo que termina en la creación de políticas contrarias a ella. La filosofía holandesa es: los ciclistas no son peligrosos, pero los automóviles y los conductores sí. Por ello los conductores deben aceptar que la responsabilidad de no chocar con los ciclistas es suya. Esto significa que los usuarios de automóviles son casi siempre responsables de los accidentes con bicicletas y deben adaptarse al límite de velocidad cuando comparten las carreteras con los ciclistas. En la realidad actual y luego de más de 140 años de haber adoptado la bicicleta como medio de transporte masivo, la actitud de respeto al ciclista esta ya tan arraigada en la mentalidad holandesa, que casi se puede afirmar que ya no necesitan de reglamentaciones que enfatizen la prioridad de la bicicleta, esta simplemente existe y se la práctica. (Embajada del Ecuador en los Países Bajos, 2013)

En Ecuador:

No se tiene referencias sobre las primeras bicicletas en Ecuador. No obstante, no habría mucho margen de error si se supone que esta llegó a fines del siglo XIX junto con la primera central hidroeléctrica, los focos incandescentes de Edison, los proyectos de tranvía para Quito entre otras ciudades, el mismo tren a inicios del siglo XX, etc. Casi para toda América Latina se cumple aquella tesis sobre que los últimos desarrollos tecnológicos desde la Revolución Industrial Inglesa se trasladaban en forma casi inmediata a las grandes capitales sudamericanas.

Está por escribirse todavía la historia de la bicicleta ecuatoriana que se presume será muy rica, puesto que desde siempre el pueblo ecuatoriano ha sabido ser muy atento a este tipo de mecanismos de movilidad limpia y los ha acogido con fervor aun a sabiendas que debe luchar contra una serie de adversidades como son la falta de ciclovías, la falta de cultura de respeto al ciclista, el robo, falta de parqueos, etc.

Una demostración de la enorme aceptación a la bicicleta por el pueblo ecuatoriano, se visualiza cuando se revisa las iniciativas que en forma espontánea se realizan por doquier. Todas esas iniciativas hacen pensar que en el momento en que se realice un PMB serio, “la semilla caerá en terreno fértil”.

Iniciativas Gubernamentales

El 4 de enero del 2012, salió una noticia concerniente la construcción de más de 270 kilómetros de ciclovías en autopistas estratégicamente escogidas en varias regiones del Ecuador. Busca promover, por parte del Gobierno Nacional, un sistema de transporte alternativo no motorizado y la seguridad deportiva. Contarán con carriles totalmente separados de los de tráfico vehicular o separados por una barrera y serán señalizados. Promovido por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, el proyecto contará con ciclovías construidas en las siguientes rutas, entre otras no mencionadas:

Costa	Sierra	Oriente
San Vicente - Canoa	Loja - Vilcabamba	Baños - Puyo (Sierra/Selva)
San Pablo - San Vicente (Santa Elena)	Vilcabamba - Yangana	
Guayaquil - Chongón	Puente Guayambal - Puente Trapichillo (Loja)	
Coaque - Pedernales	Nono - Mindo	
Rio Verde (acceso centro de AR)	Otavalo - Ibarra	
Paso Lateral Tosagua - Parque Lago	Ibarra - Yahuarcocha	
Chongón - Cerecita	Cumbayá - Puenbo	
	Tulcán - Tufiño	

Figura 18. Ciclovías planeadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Fuente: (Embajada del Ecuador en los Países Bajos, 2013)

Iniciativas Municipales

- **Quito**

En el año 2010, la Municipalidad de Quito lanzó la Semana de la Movilidad y Día Mundial sin Auto, como una política enfocada a la movilidad sustentable. Trabajando con otros organismos, entre el 31 de agosto y el 22 de septiembre del 2010, se llevaron a cabo varios eventos que trataron de promover el uso de la bicicleta en la capital. Por ejemplo, el programa “Muévete en Bici”, dirigido a los funcionarios públicos, promovía el uso de bicicletas cada martes y miércoles. Alcanzó la participación de 200 empleados, de 16 organismos públicos, en las cuatro rutas designadas para el programa (sustranlac.org, 2010). Con el fin de promover esta participación, se acondicionaron estacionamientos para 76 bicicletas, a más de los 120 cupos ya existentes en 10 instituciones públicas distintas. También, durante este evento, se lanzó una guía para la promoción de la seguridad ciclista y el establecimiento de cuatro estacionamientos nuevos para bicicletas en el centro histórico de Quito, tal es el caso de la Plaza de Santo Domingo.

- **Cuenca**

Vía Viva y Barrio Activo

Una iniciativa de la Alcaldía de Cuenca, Vía Viva busca promover la actividad física y la unión familiar. El público sale a pedalear, caminar y trotar. Alentados por el Alcalde de Cuenca, Paul Granda, el programa es solo una parte de su iniciativa que busca “habilitar espacios urbanos que integren y desde otra perspectiva permitan experimentar a los habitantes de Cuenca formas saludables y equilibradas de cuidar su

salud”. Con el objetivo de “incentivar la masificación deportiva y eliminar el sedentarismo”, el programa Barrio Activo también se ha involucrado a la población de los barrios periféricos en la recreación. A través de un programa llamado “Cuerpo Saludable”, también se ha promovido actividades de ciclismo.

- ***Guayaquil***

Hay avances relacionados con el uso de la bicicleta, promovidos por el Alcaldía de Guayaquil, como la construcción de un intercambiador con área recreativa que incluye facilidades para el ciclismo y, en coordinación con el Club Ecociclismo Ecuador Aventura, se ha organizado un ciclopaseo que se llama el “Desafío 50k”. Además, desde el año pasado, la ciudad está en proceso de construir 10 nuevas ciclovías con un presupuesto de 500.000 dólares para la primera ruta y programas educativos y capacitación. Utilizando la asesoría de las ONGs ciclistas Ecuador Aventura y Biciacción, el proyecto busca instalar señalética, iluminación y pintura.

- ***Carchi***

Toda la región norte del País tiene una antigua y rica tradición en el uso de la bicicleta¹¹. En Tulcán, las autoridades municipales están en proceso de construir una escuela de ciclismo. El proyecto busca promocionar el ciclismo y recuperar el Deporte-Bandera de la provincia. La Federación Deportiva de Carchi ha iniciado, desde el año pasado, un proceso de la integración de mujeres al ciclismo, empezando con la ciudad de Tulcán.

Iniciativas de la Sociedad Civil

- ***Biciacción***

Fundado en el 2003, Biciacción es una organización no gubernamental. Está constituida por jóvenes ciclistas urbanos, cuya misión es “promover nuevas formas y espacios de movilidad, mediante el uso de la bicicleta como modo de transporte, deporte y recreación”. Ven el uso de la bicicleta como un método de promover soluciones de

movilidad, ambientales y sociales. Forma parte de varias iniciativas locales con fines diversos. También, proveen servicios de alquiler de bicicletas de montaña en Quito y a través de su página web tienen disponibles algunos estudios realizados con relación al uso de bicicleta de distintos países.

- **BiciPaseos Patrimoniales**

Uno de los proyectos de Biciacción, BiciPaseos Patrimoniales organiza paseos urbanos y nocturnos en Quito. Aparte de promover el uso de bicicletas, el proyecto busca dar conocer el patrimonio histórico y cultura tangible e intangible de Quito a través de tours de bicicleta. El proyecto se realiza con el apoyo y/o colaboración de varias instituciones que incluyen el auspicio del Fonsal, la Red Centro Histórico de Quito, Fundación Teatro Nacional Sucre, Cero Latitud y la Cruz Roja Ecuatoriana.

- **Mejor en Bici**

El proyecto del “Viernes de Pedales” busca sensibilizar al público y los conductores sobre los derechos de los ciclistas. A través del programa, Biciacción ha publicado el *Manual del Ciclista Urbano*, en lo cual “se recogen consejos prácticos sobre comportamiento vial frente al tráfico vehicular, impactos del automóvil y los beneficios de la bici”. La publicación constituye una respuesta a la falta de conciencia vial en relación a los ciclistas urbanos. Aunque existen algunos señalamientos importantes que la legislación ecuatoriana que favorecen el uso de la bicicleta, se debe señalar que no existe una cultura de respeto y apoyo al ciclista y al peatón, al caminante. Mucho tendrá que hacerse en un PMB para promover y afianzar una cultura en este sentido.

- **Ciclópolis Ecuador**

Una fundación con sede en Quito, Ciclopólisis es una organización sin fines de lucro que busca promover el uso de la bicicleta. A través de un convenio establecido con el Municipio de Quito, coordina una vez a la semana un ciclopaseo. Los valores de la organización son el respeto, la solidaridad y la convivencia y buscan construir, en forma

colectiva, el espacio urbano. Sus proyectos incluyen “Todas en Bici” que organiza eventos como caravanas para los días especiales como el Día Internacional de la Mujer y es un programa dirigido especialmente a la capacitación de las mujeres ciclistas o las que quieren capacitarse en el uso de la bicicleta.

Su programa, “Al Trabajo en Bici”, promueve el uso de la bicicleta para los profesionales de distintos sectores, como los bancos y los funcionarios públicos, por ejemplo. Su proyecto “Ciclopaseo” busca promover el uso recreativo de la bicicleta a través de paseos en días especiales o los domingos.

- **BiciGuayaquil y el Club Ecociclismo Ecuador Aventura**

En Guayaquil existe un grupo de ciclistas auto-declarados apasionados quienes buscan promover el uso de la bicicleta en la ciudad, por sus beneficios físicos, económicos y ecológicos. La organización cuenta con más de 1000 personas en su página Facebook y organiza, como los de Biciacción hacen en Quito, un grupo muy importante de ciclistas en Guayaquil. Cada domingo, el grupo de Ecuador Aventura organiza un ciclopaseo que se realiza con la participación de cientos de ciclistas.

- **Ciclistas Urbanos de Quito**

Son un grupo de Ciclistas que se movilizan en la ciudad, con preocupaciones relacionadas a la movilidad urbana, espacio público, el Peatón y quien se moviliza en bicicleta. No tienen relación con ninguna de las Fundaciones de ciclismo de la ciudad, son un colectivo sin ninguna relación directa o de dependencia con el Municipio de Quito. Fundada desde enero de 2012.

- **Carishinas en Bici**

Son un colectivo de mujeres en Quito, Ecuador que usan la bici como una herramienta de movilidad segura y divertida, con sus actividades quieren promover que existan más mujeres movilizándose libres y autónomas en las calles de Quito- Ecuador. También les gusta disfrutar de los paisajes fuera de la ciudad. Se fundó en enero de 2010.

En conclusión el logro del uso masivo de la bicicleta es el resultado de un conjunto de acciones que se materializan unas como regulaciones, otras como infraestructura vial, reestructuración de espacios, la seguridad, mercado de bicicletas, las medidas contra el robo, los parqueos, la gestión de los gobiernos municipales y otras de orden cultural o que llegan a ser parte de un acuerdo de la sociedad para impulsar este tipo de movilidad limpia.

Todas estas acciones deben concurrir en forma sistemática para que la práctica de la bicicleta sea masiva. El uso masivo de bicicletas entonces es el resultado de un Plan Maestro de Bicicletas. En tanto no existan todas estas condiciones y que sean desarrolladas en forma sistemática por un PMB, en la realidad no será posible el uso masivo de la bicicleta.

Los Países Bajos entendieron esta necesidad desde 1900 cuando se comenzaron a construir las primeras ciclovías por parte de los Municipios. Cuando se ve la realidad ecuatoriana referente a las bicicletas, se puede constatar que se tiene más de un siglo de retraso con respecto a Holanda. (Embajada del Ecuador en los Países Bajos, 2013).

2.2.2 Caracterización de la Ciclovía en la Autopista General Rumiñahui

Después de revisar varias bibliografías se ha observado que en la mayoría de ciudades en las que se ha implementado el uso de la bicicleta en algunas calles urbanas o en carreteras rurales del Ecuador esta ha sido utilizada más como deporte o recreación y no como una alternativa de movilidad, es por esa razón que esta propuesta parte inicialmente con fines recreativos pero con el afán de convertirse con el tiempo en un estilo de movilidad limpia para las personas que viven, trabajan o se movilizan por el sector.

La mayor parte de personas encuestadas nos manifestaron su respaldo en la utilización de este espacio para transitar y con la ayuda del conteo que se realizó por 3 horas en la mañana a partir de 6am a 9m como se indica en la **Tabla 2** se considera que

en la actualidad el número de personas que utiliza la autopista para ciclear ya sean deportistas profesionales o personas que salen a dar un paseo en bici, al igual que peatones que salen en las horas de la mañana a ejercitarse trotando o caminando por el borde de la autopista no son un porcentaje significativo comparado con las personas que utilizan la autopista para transportarse en vehículos motorizados hasta el hipercentro de Quito o hacia el Valle de los Chillos, se propone por lo tanto que la ciclo vía en la autopista debe tener las dimensiones mínimas para dos carriles es decir bidireccional en los lugares que sea posible y solamente de un carril (unidireccional) en los lugares donde no exista el espacio suficiente para dos carriles de ciclo vía.

Tabla 2.
Conteo de personas que utilizan la autopista

Fecha	Sitio	Personas ejercitándose	Ciclistas
Martes 21 junio	Pte. 8	6	4
Martes 5 julio	Pte. 7	5	3
Miércoles 6 julio	Pte. 6	10	3
Jueves 7 julio	Pte. 5	9	2
Viernes 8 julio	Pte. 3	7	3

Según la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 emitida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador las carreteras del país se pueden clasificar de las siguientes maneras:

- Clasificación por capacidad (Función del TPDA)
- Clasificación por jerarquía en la red vial
- Clasificación por condiciones orográficas
- Clasificación por número de calzadas
- Clasificación en función de la superficie de rodamiento

Para normalizar la estructura de la red vial del país de este siglo el MTOP ha clasificado a las carreteras de acuerdo al volumen de tráfico que procesa actualmente o

que procesará en el año futuro de diseño, todo este trabajo lo realizaron con la ayuda de datos de tráfico a nivel nacional recabados en Sept/2012, estadísticas de accidentes y el parque automotor, comprobando que en los últimos 14 años el parque automotor ha crecido constantemente el 6% anual.

Tabla 3.

Clasificación funcional de las vías en base al TPDA

Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual ($TPDA_d$) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
		Autopista	AP2
	AP1	50.000	80.000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26.000	50.000
	AV1	8.000	26.000
Carretera de 2 carriles	C1	1.000	8.000
	C2	500	1.000
	C3	0	500

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

Adicional a esto se clasifican las carreteras según su desempeño y comparando con la información levantada en campo se puede ubicar a la autopista en el siguiente tipo:

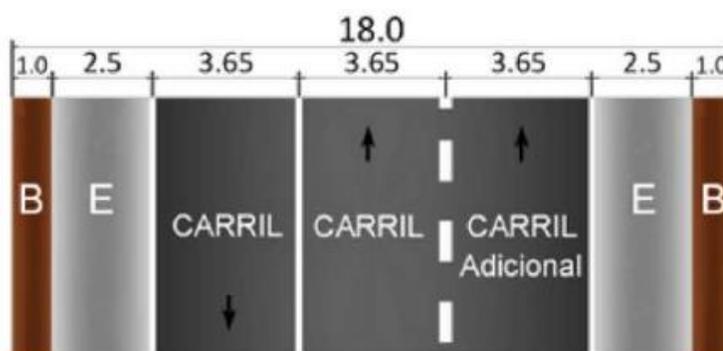


Figura 19. Carretera de Mediana Capacidad Interurbana

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

Dónde.

B: berma mínima

E: espaldón mínimo

Las vías de mediana capacidad deben cumplir con una velocidad de proyecto de 100km/h y una pendiente de hasta 8%, se puede comprobar que la velocidad se asemeja a lo que se tiene en la Autopista General Rumiñahui pero en este tipo de vía no existen los parterres de división que posee la AGR.

Ahora según la ordenanza No. 3457 y No. 3746 que contienen las Normas de Arquitectura y Urbanismo para el Distrito Metropolitano de Quito la autopista General Rumiñahui se encuentra dentro de las siguientes clasificaciones:

Vías arteriales principales suburbanas

Conectan los centros poblados del Distrito Metropolitano con la red vial estatal. Estas vías deben observar las siguientes características:

Características Funcionales:

- Permiten una velocidad de operación de hasta 90km/h
- Asume el tráfico internacional, interprovincial e interregional.
- No permite el acceso directo a los predios frentistas.
- Los accesos y salidas se realizan mediante carriles de aceleración y deceleración respectivamente.
- Las intersecciones con vías de similares características se realizarán a desnivel. Con vías de menor jerarquía se aceptaran intersecciones a nivel, siempre y cuando cumplan con un buen nivel de servicio y seguridad.
- No permiten el estacionamiento lateral.
- Conecta ciudades con poblaciones superiores a 20.000 habitantes y las capitales provinciales.

Tabla 4.**Características Técnicas**

Extensión (% km del sistema)	1,5 – 3,5
Servicio (% vehículo-kilómetro)	20 – 35
Extensión Media de Viajes (km)	80 -120
Tráfico promedio diario anual (TPDA)	3.000 – 8.000
Velocidad de Operación	50 – 120
Espaciamiento	Controlado por localización de ciudades y regiones conectadas

Fuente: (Consejo Metropolitano de Quito, 2003)

Tráfico Promedio Anual de la Autopista General Rumiñahui

La siguiente información se obtuvo de la tesis “Estudio de Tráfico en el Sector del Triángulo y Alternativas de Solución en la Intersección de la Avenida Ilaló – General Rumiñahui” realizada en el año 2015 por la aspirante a ingeniera civil Mélida Quishpe de la Universidad Central del Ecuador. En **Tabla 5** se observa el TPDA Futuro en la Av. General Rumiñahui entre la calle 18 de Mayo y Geovanni Antonio Farina y en la **Tabla 6** el TPDA Futuro en la Av. General Rumiñahui entre la Av. Ilaló e Isla Española

Con los volúmenes de vehículos (40 000 vehículos diarios) de la Autopista General Rumiñahui obtenidos del peaje, en el año 2013 de los registros del Gobierno de la Provincia de Pichincha (GAD Provincia de Pichincha) se pudo determinar el porcentaje equivalente a las horas no contabilizadas y además se determinó los días de la semana que se asemejan entre sí.

Tabla 5.
TPDA Futuro en la Av. General Rumiñahui

PERIODO	LIVIANOS		PESADOS		TOTAL	
	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro
2014 - 2034	35944	115276	4603	14763	40547	130040

Fuente: (Paucar, 2015)

Tabla 6.
TPDA Futuro en la Av. General Rumiñahui

PERIODO	LIVIANOS		PESADOS		TOTAL	
	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro
2014 - 2034	34794	111589	4105	13164	38899	124754

Fuente: (Paucar, 2015)

El TPDA promedio actual obtenido de las dos estaciones contabilizadas es de **39.723** vehículos que circulaban en el año el 2014 fecha en las que realizaron los conteos. A partir del 2014 hasta el 2034 se obtiene un TPDA promedio de **127.397** vehículos.

Conociendo que esta vía genera el acceso principal entra la ciudad de Quito y el Valle de los Chillos y con toda la información proporcionada anteriormente se la ha clasificado como una VÍA ARTERIAL PRINCIPAL SUBURBANA pero con un TPDA de 39.723 un valor muy por encima a la capacidad de este tipo de vía, igualmente esta está diseñada con las características físicas de una VÍA DE MEDIANA CAPACIDAD es por eso que se concluye que la capacidad de la AGR obliga a las autoridades a ver la manera de mejorar la infraestructura para la demanda actual que posee pero con más razón para la demanda futura. Las características actuales de la autopista no satisfacen la necesidad que demandan sus usuarios tanto a conductores como a peatones y ciclistas.

2.3. CONDICIONANTES FÍSICOS

2.3.1 Limites Construidos

Se da a conocer como límites construidos a toda construcción ya sea de viviendas, negocios o terrenos que se encuentren próximas a la autopista a una distancia de 2 metros o menor a partir del borde de la autopista, ya que en algunos tramos de la autopista existen veredas de 1.50 a 2.0 metros de ancho se considera a las construcciones que se encuentren a continuación de ellas como límites construidos, como se indica en la Figura 20.

Los límites construidos encontrados a lo largo de toda la autopista se detallan en el plano en el **Anexo 1**.



Figura 20. Ejemplo de un límite construido.



Figura 21. Ejemplo de espacios sin límites construidos

2.3.2 Límites Naturales

Se habla de límites naturales a la existencia de taludes o quebradas que se encuentren próximas a la autopista. La mayoría de límites naturales que se observaron en el recorrido de los aproximadamente 9km desde el puente 1 al triángulo fueron límites de taludes y se encontraron a menos de un metro de distancia desde el borde de la autopista sin incluir la cuneta de la vía, a lado derecho e izquierdo alternadamente en la dirección Quito – Valle, como se puede observar en la Figura 22.

Los límites naturales encontrados a lo largo de toda la autopista se detallan en el plano en el **Anexo 1**.



Figura 22. Ejemplo de un talud denominado como límite natural

2.4. PARÁMETROS Y NORMAS DE DISEÑO

Es necesario indicar que las normas vigentes en el país para el diseño de ciclovías estipuladas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas en su última revisión y actualización de la Norma Vial Ecuatoriana NEVI-12 son las siguientes:

- Texas Highway Operations Manual
- Policy on Geometric Design and Streets
- Highway Design Division operations and Procedures Manual
- Manual de Carreteras de Chile
- Manual de Carreteras de Centroamérica
- Normas interinas de Corpecuador

Ya que no existen normas o manuales nacionales y la NEVI-12 hace referencia a normas y manuales internacionales para este proyecto se utilizarán las especificaciones técnicas de los elementos de diseño plasmados en:

- El Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías desarrollado por el Centro de Investigación y Asesoría de Transporte Terrestre CIDATT de Lima – Perú, la Fundación Ciudad Humana de Bogotá – Colombia y TARYET, grupo consultor de Madrid – España
- El Manual de Diseño de Ciclorutas de Bogotá elaborado por el Instituto de Desarrollo Urbano de la Alcaldía de Bogotá en 1999.
- Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas, CROW versión original en holandés 2006, versión en español en 2011; estos tres como manuales de diseño extranjeros.
- El Anteproyecto de Reglamento de Ciclovías realizado por el INEN y publicado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador en 2012; como manual nacional.

Es importante mencionar que la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI 12) se encuentra todavía en revisión por parte del MTOP.

El Manual de Diseño de Ciclorutas de Bogotá elaborado por el instituto de Desarrollo Urbano de la Alcaldía de Bogotá menciona los siguientes criterios iniciales para la aplicación de los diferentes tipos de diseño de ciclovías:

Para que la circulación se produzca en condiciones de comodidad y seguridad, la cicloruta debe tener unas dimensiones mínimas que permitan el tránsito y la maniobrabilidad. Partiendo de los requisitos geométricos de la circulación en bicicleta que se establecen en este manual y de las características de las vías sobre las que se pretende establecer el trazado de los recorridos, se han tenido en cuenta, para la definición de la sección de la ciclovía, la existencia de protecciones, el ancho de la calzada, el número de carriles y el ancho de las aceras.

Además de estos parámetros fundamentales para la selección del tipo de ciclovía a diseñarse, se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Volumen y velocidades del tráfico vehicular: Define el tipo de protección.
- Volumen previsto de usuarios ciclistas: Define los anchos adecuados.
- Espacio existente: Define la tipología básica (pista, faja, etc.).
- Entorno Urbano: Define la tipología y características especiales.

2.4.1 Espacio Útil del ciclista

Los manubrios son la parte más ancha de la bicicleta, los más comunes en bicicletas de ciudad son de 0.60 m. de ancho, a esto debe incrementarse 0.20 m. a cada lado para el movimiento de brazos y piernas.

- Ancho: 1,00 m
- Largo: 1,75 m
- Alto: 2,25 m

En condiciones normales un ciclista en movimiento necesita un ancho de 1 m. para poder mantener el equilibrio durante el manejo con una velocidad baja o a través de cruces. Sin embargo, hay que tener en cuenta los resguardos necesarios para la ejecución de las posibles maniobras que éste pueda realizar, tales como movimientos evasivos durante la circulación frente a circunstancias en marcha, siendo necesario por ello un espacio adicional de 0.25 m. a cada lado, lo que hace un total mínimo de 1.50 m. Asimismo, es necesario un espacio vertical libre de 2.50 m. Una persona no alcanza esta altura cuando se sienta en la bicicleta, pero es necesario dejar un espacio vertical libre.

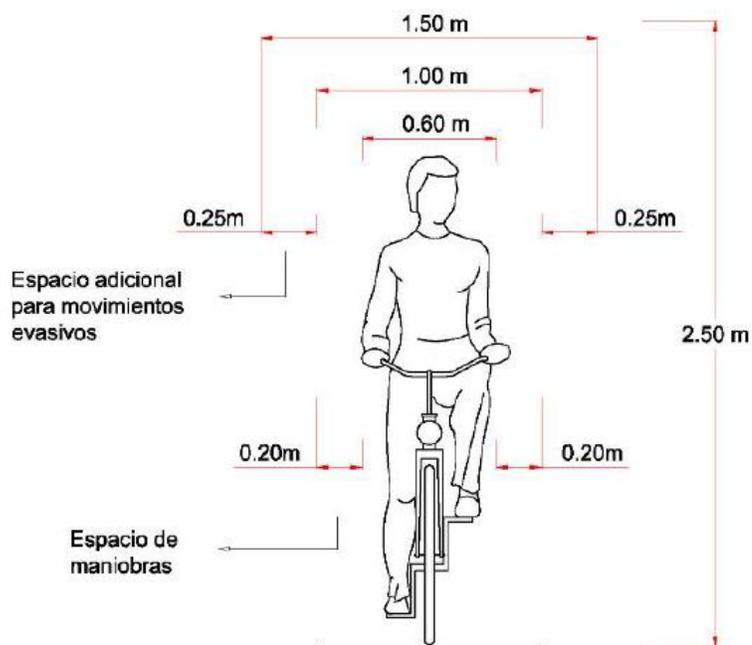


Figura 23. Espacio útil del ciclista

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

2.4.2 Ancho de la ciclovía

Las siguientes dimensiones básicas indicadas en el documento realizado por el INEN “Anteproyecto de reglamento de ciclovías” deben entenderse como referencia a tener en cuenta sobre todo para perímetros urbanos consolidados, pero deben ofrecerse dimensiones algo más generosas en nuevos espacios a urbanizar.

En Sentido Unidireccional



Figura 24. Ancho de Ciclovía Unidireccional

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

En Sentido Bidireccional

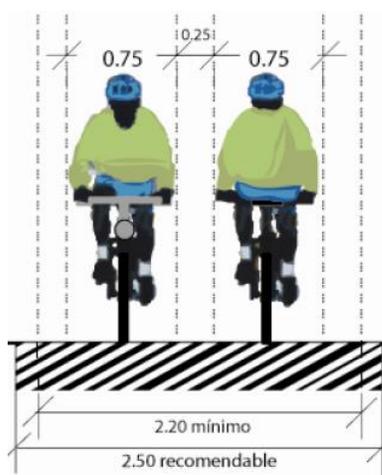


Figura 25. Ancho de Ciclovía Bidireccional

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

Espacios de resguardo frente elementos continuos y discontinuos

La holgura o espacio de resguardo del ciclista se ha de extender también a los elementos laterales que se presentan a lo largo de un tramo: Tanto para obstáculos discontinuos (mobiliario urbano, bancas, arboles, entre otros) como elementos continuos

(muros, guardavías, entre otros) la distancia mínima respecto a la superficie de rodadura debe ser de 400mm.

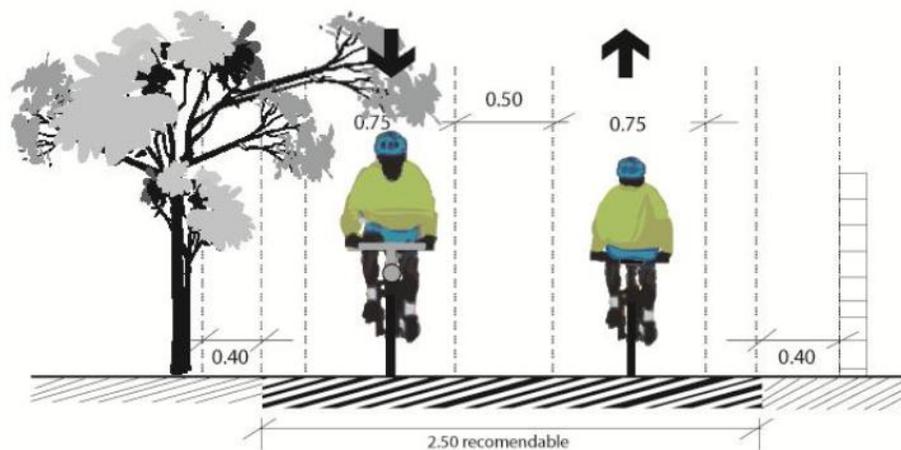


Figura 26. Espacio de resguardo frente a elementos continuos o discontinuos
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

Espacios de resguardo frente a carros parqueados lateralmente

Cuando existen parqueaderos de vehículos motorizados ubicados paralelamente, junto a una ciclovía, se deberá reservar un espacio de resguardo para la apertura de puertas y para la parte del vehículo que sobresale del bordillo, en caso de parqueaderos en batería. La distancia entre un parqueadero en fila y una vía para bicicletas, segregada por la acera, debe ser de al menos 700mm y de 1m en el caso que la infraestructura ciclista se encuentre junto a parqueaderos en batería (Ver figura 24). Mientras que la distancia entre un carril de bicicleta, por la calzada, y un estacionamiento en la misma superficie de rodadura puede ser de al menos 500mm, ya que es más probable que el conductor de vehículo motorizado tenga en cuenta el tránsito de vehículos no motorizados por la calzada antes de abrir la puerta (Ver figura 25).

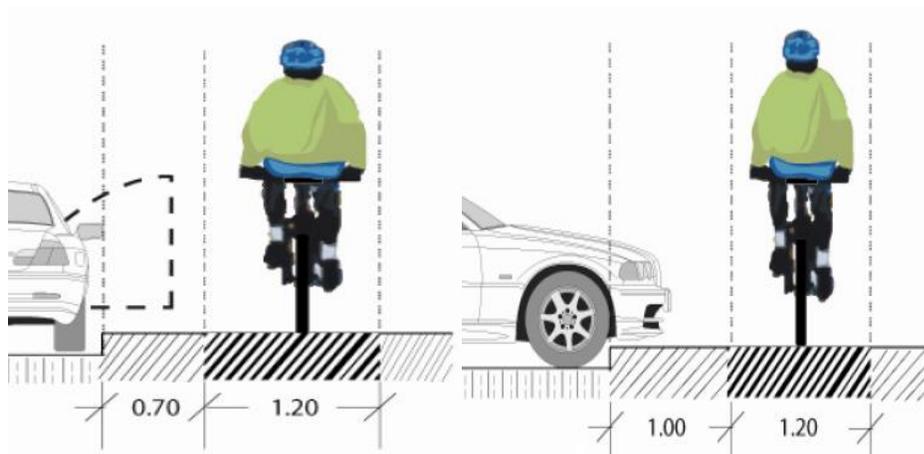


Figura 27. Espacio de resguardo con obstáculos laterales en ciclovía segregada
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

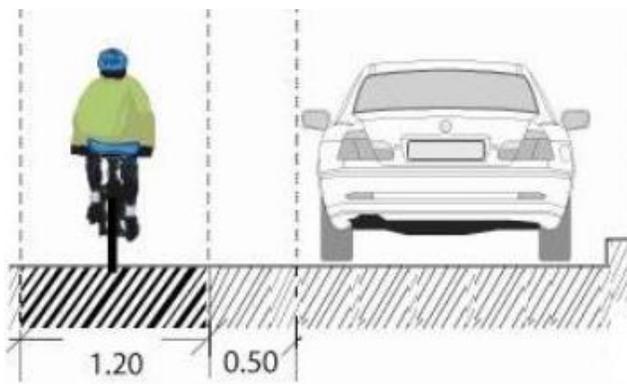
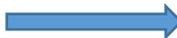


Figura 28. Espacio de resguardo con obstáculos laterales en ciclovía de espaldón
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

En zonas rurales los factores que determinan el ancho de una faja ciclística son el volumen de vehículos motorizados y la velocidad de operación límite. A continuación se indica en la tabla 8.

Tabla 7.
 Ancho de ciclovía y la velocidad de operación

Velocidad Límite	Ancho Mínimo
TPD > 2.000 Vehículos/día	
70 km/h o menos	1,50 (2,50 ideal)

CONTINÚA 

70 km/h o más 1,75 (2.50 ideal)

TPD < 2.000 Vehículos/día

70 km/h o menos 1,0 (2.25 ideal)

70 km/h o más 1,5 (2,5 ideal)

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

- **Aceras-Bici**

Las aceras-bici, son vías ciclistas segregadas de la calzada, yuxtapuestas o superpuestas al espacio de circulación peatonal, las cuales han sido una opción muy frecuente en algunas ciudades alemanas.

Las dimensiones de las aceras-bici parten también de las necesidades de la circulación ciclista y se han de contrastar con las de la circulación peatonal, presentando las siguientes particularidades:

- Espacio para la circulación de un ciclista. El conjunto ciclista-bicicleta requiere un espacio mínimo de 1,0 m de ancho, siendo 0,75 el gálibo estricto y dejando un margen de 12 cm a cada lado para las desviaciones de la trayectoria.
- Posibilidad de adelantamiento y circulación en paralelo. Al igual que ocurría con los carriles-bici, se recomienda que las aceras-bici tengan el ancho suficiente para que los dos ciclistas puedan pedalear en paralelo sin dificultad con el fin de facilitar los adelantamientos.
- Contando con espacio muerto a cada lado, la acera-bici puede tener un ancho mínimo de 1,5m y todavía permitir el adelantamiento de un ciclista por otro, pero para que esa maniobra se realice cómodamente hace falta un ancho de 1,75m a 2,00m, con un ancho de 2,50m es posible el adelantamiento de dos ciclistas por un tercero. Más allá de 2,50m de ancho, es preferible emplear el espacio para establecer una mayor separación con los peatones o convertir la acera-bici en pista-bici.
- Posibilidad de cruzamiento en vías bidireccionales. Lo mismo ocurre con los cruzamientos en el caso de circulación bidireccional. Con un ancho de 1,5 m de pavimento y espacios muertos a cada lado es posible el cruzamiento de dos

bicicletas, pero para que se efectúe cómodamente hace falta un pavimento de al menos 2,00 m de ancho.

- Resguardo en relación a los vehículos motorizados. Cuando la acera–bici transcurre en la proximidad de la calzada se debe contemplar una separación vehículo – ciclista de 0,75 m. En vías de velocidad máxima 30 Km/h. Este criterio se verifica si la acera–bici se construye a una distancia de 0,40 – 0,50 m del borde de la calzada.
- Cuando la acera–bici es bidireccional, su sección transversal debe estar entre 2,75 m y 3,50 m. La mínima de estas anchuras permite el paso simultáneo de tres bicicletas, mientras que la máxima permite el paso de 4 bicicletas. Sin embargo, son las condiciones del tráfico peatonal las que deben determinar la idoneidad de este tipo de soluciones, condiciones que se caracterizan por la relación entre el flujo de viandantes y el ancho útil de acera por la que circulan.

2.4.3 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño con la cual se proyecta la ciclovía determina el radio y el peralte de las curvas, distancias de señalización y el ancho de la misma. Bajo condiciones normales (buenas condiciones climáticas, terreno plano y Pavimentado), la velocidad de diseño es de 30 Km/h y en terrenos no pavimentados se considera una velocidad de 24 Km/h. Con la tecnología actual aplicada a la construcción de bicicletas se puede esperar velocidades de operación de 20 a 25 Km/h; sin embargo se puede considerar velocidades de hasta 40Km/h. La variación de la velocidad con la longitud y la pendiente se muestra en la tabla N°8.

Tabla 8.

Velocidad de Diseño en Función de la Pendiente

Pendiente (%)	Longitud (m)		
	25 a 75	75 a 150	>150
3 a 5	35 km/h	40 km/h	45 km/h
6 a 8	40 km/h	50 km/h	55 km/h

9 45 km/h 55 km/h 60 km/h

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

2.4.4 Radios de volteo

Los radios de volteo se obtienen de relaciones empíricas y están relacionados con la velocidad de diseño. La siguiente ecuación permite calcular el radio correspondiente a las velocidades típicas:

$$R = 0.24V + 0.42 \quad (1)$$

Donde:

R= radio de curvatura en metros

V= velocidad en km/h

Tabla 9.

Relación de Velocidad – Radio

V (km/h)	R (m)
12	3,3
15	4
20	5,2
30	7,6

Fuente: (Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías, 2005)

En radios menores de 3 m., se recomienda señalar la curva como peligrosa; mientras que en radios de 2 metros o menores se recomienda que el ciclista desmonte de la bicicleta.

2.4.5 Sobreanchos de ciclovías

Por pendiente: a causa de las altas velocidades que se alcanzan en los descensos, se debe disponer de espacios adicionales para maniobrar

Tabla 10.

Sobreanchos de Ciclovías por pendiente

Pendiente (%)	Longitud (m)		
	26 a 75	75 a 150	>150
>3 a >=6	0	20 cm	30 cm
>6 a <=9	20 cm	30 cm	40 cm
>9	30 cm	40 cm	50 cm

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

Por radios de curvatura: El sobre ancho debe ubicarse en el interior de las curvas. Cuando se toma una curva estrecha con radios menores de 32 m. el ciclista se inclina y esta operación incrementa el riesgo de colisión; en consecuencia la vía debe ensancharse en el interior de la curva. El sobre ancho requerido en función del radio de curvatura se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 11.

Sobreancho por radios de curvatura

Radio de Curvatura	Sobreancho Requerido (Pendientes entre 0% y 3%)
24 a 32 m	25 cm
16 a 24 m	50 cm
8 a 16 m	75 cm
0 a 8 m	100 cm

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

2.4.6 Peralte

Como recomendación especial, el peralte de una curva nunca debe exceder el 12%; porcentajes más altos pueden causar movimientos lentos por la sensación de incomodidad de la pendiente. Para ayudar a los ciclistas que van escalando en un camino bidireccional con curvas con pendientes mayores del 4%, el peralte no debe exceder el 8%.

2.4.7 Perfil longitudinal - Pendientes

La pendiente a determinar en el diseño de ciclovías, depende de un conjunto de factores, tales como: tipo de bicicleta, ciclista, edad del ciclista, viento, superficie de rodadura, etc. La pendiente máxima recomendable es de 4%, con un máximo excepcional de 5% con una longitud de hasta 90 m. Las pendientes mayores al 6% causan fatiga al ciclista.

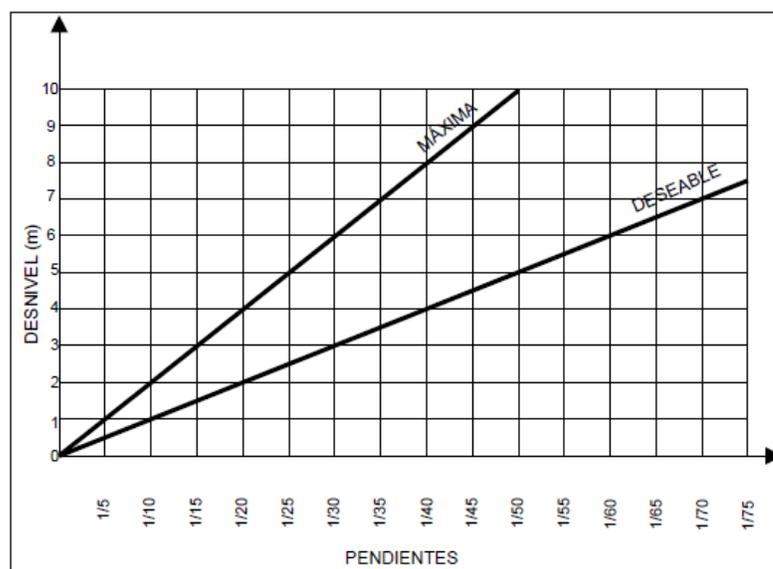


Figura 29. Gráfico de Rampas

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999).

Un ejemplo de aplicación de la figura 29 se indica a continuación:

DESNIVEL QUE SE DEBE SUPERAR (m)	PENDIENTE	
	NORMAL (%)	MAXIMA (%)
2	5,0	10,0
4	2,5	5,0
6	1,7	3,3

Figura 30. Pendientes Máximas. Ejemplo de aplicación

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999).

La Figura 31 muestra la longitud de la pendiente, cada cambio de pendiente deberá estar precedido por una longitud que permita acelerar antes de empezar a escalar.

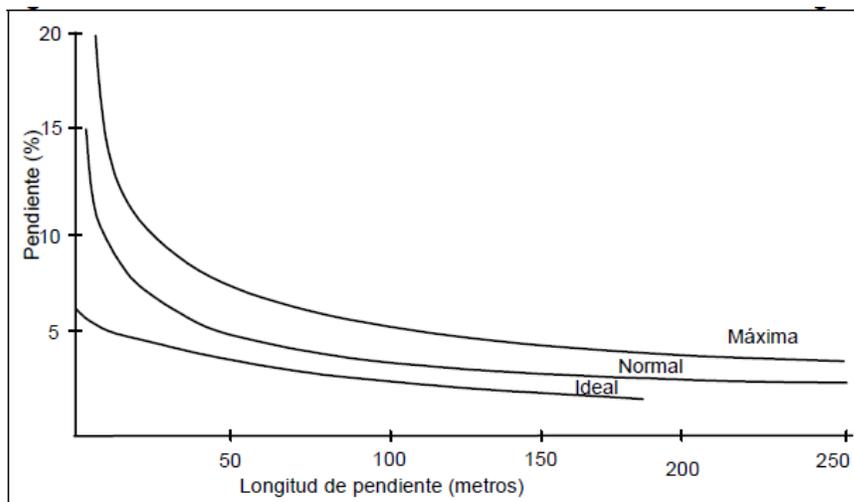


Figura 31. Pendiente adecuada en función de la longitud

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999).

2.4.8 Distancia de visibilidad

La distancia que un ciclista requiere para detenerse completamente al observar un obstáculo es un factor que se debe aplicar en el diseño. Esta distancia es una función del tiempo de la percepción y reacción del ciclista, el estado de la superficie el coeficiente de fricción, la pendiente y la velocidad de diseño.

El tiempo de percepción-reacción generalmente se asume dentro de los 2.5 segundos y el coeficiente de fricción en 0.25. Dichos factores permiten simular un sistema de frenos en superficies húmedas. La siguiente ecuación es usada para determinar la distancia de visibilidad:

$$S = \frac{v^2}{255(G+f)} + 0.694 * V \quad (2)$$

Dónde

S = Distancia de visibilidad (m.)

V = Velocidad de diseño (Km/h.)

f = Coeficiente de fricción 0.25

G = Pendiente 10 %

2.4.9 Longitud de Curva Vertical

Para mantener el mínimo campo de visión en una curva vertical, la curva necesita tener determinada longitud. La mínima longitud requerida, para suministrar un adecuado campo de visión es una función de la visibilidad y la diferencia algebraica entre pendientes a cada lado de la cresta. La longitud en metros de la curva, debe ser menor a 0,38 veces el número de Km/h de la velocidad de diseño; la siguiente fórmula es usada para determinar la mínima longitud de curva vertical.

$$L = 2S - \frac{(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \text{ Cuando } S > L \quad (3)$$

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2H_1} + \sqrt{2H_2})^2} \text{ Cuando } S < L \quad (4)$$

Donde:

L= Longitud mínima de curva vertical (m)

S= Mínima distancia de señales (m)

A= Diferencia algebraica de pendientes (m)

H1= 1,40m (altura de los ojos del ciclista)

H2= 0m (altura del objeto)

La Figura 32 ilustra la longitud mínima de una vertical para varias velocidades de diseño en función de la diferencia algebraica de pendientes.

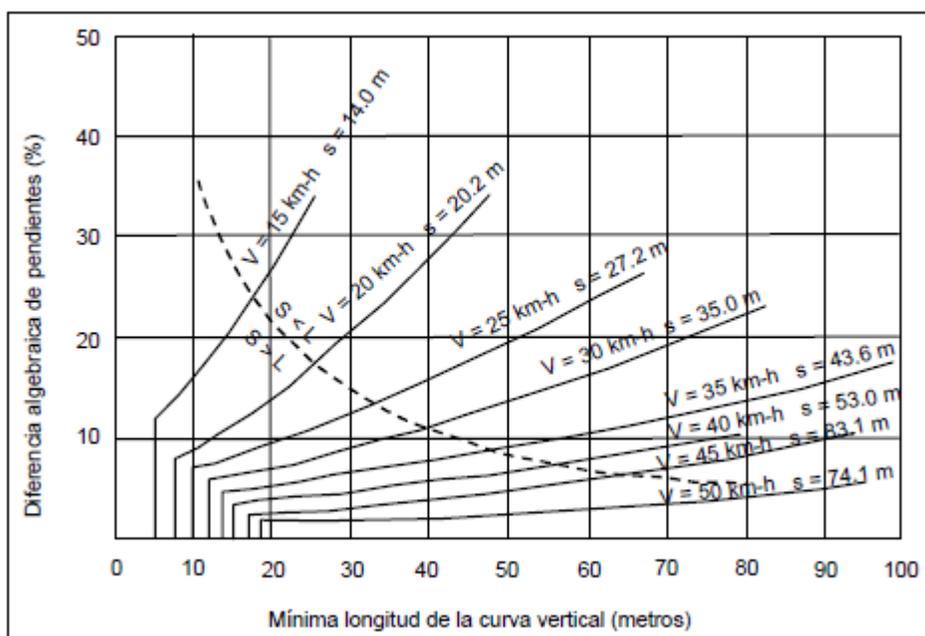


Figura 32. Longitud mínima de una curva vertical
Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

CAPITULO III

3.1. ANÁLISIS DE LA IDEA

3.1.1 Identificación del Problema

Uno de los problemas que se identifican en las parroquias urbanas y rurales pertenecientes al Cantón Rumiñahui es la falta de ciclovías o ciclorutas, los ciudadanos manifiestan su descontento porque no se ha ofrecido ningún diseño definitivo para la construcción de espacios seguros para los ciclistas. (El Comercio, 2015)

No existe otra alternativa de movilidad entre los puentes que pertenecen a la Autopista General Rumiñahui, las personas que viven en los barrios aledaños a la autopista solo cuentan con el automóvil o el transporte público para moverse con seguridad, es por eso que se crea la necesidad de diseñar un espacio por el cual se pueda transitar ya sea en bicicleta o caminando a lo largo de la autopista, creando así una alternativa de movilidad sustentable, que a largo plazo servirá de motivación para estudios que continúen con el tramo del puente 1 al trébol y quien quita en las demás avenidas grandes que unen las parroquias rurales con la parte urbana del DMQ, permitiendo así que más personas tengan la oportunidad de utilizar la bicicleta mínimo un día a la semana para ir a sus lugares de trabajo o de encuentros sociales.

Al carecer de una infraestructura segura la comunidad que actualmente camina o utiliza la bicicleta se ve expuesta a sufrir colisiones con vehículos por transitar al costado de la autopista, como se observa en la Figura 33, la falta de esta obra desmotiva y limita las posibilidades de esparcimiento a una vida sana. Además existen peatones que muchas veces solo necesitan moverse de un puente a otro pero la falta de veredas les obliga a utilizar la calzada de los vehículos, arriesgando de esta manera su vida y la de los conductores ya que se crean distracciones e inseguridades al ver a personas caminando por el lugar que por ley les corresponde solo a ellos.



Figura 33. Peatón utilizando la calzada para moverse

A continuación se presenta en la **Tabla 12** los accidentes de tránsito involucrados peatones y ciclistas entre el año 2007 y 2011. Según estadísticas encontradas en la agencia nacional de tránsito

Tabla 12.

Accidentes de tránsito Autopista General Rumiñahui

Lugar del Accidente	Nº de Atropellados
Puente 8	12
Puente 9	28
Puente colegio Farina	21
Puentes 2 y 3	26

Fuente: Agencia Nacional de Tránsito, 2011

Y en el año 2015 se registraron 20 accidentes entre vehículos – peatones por atropellamientos lo cual equivale al 6% del total de los accidentes registrados en ese año y en el año 2016 de enero a noviembre se presentaron 9 accidentes entre vehículos y peatones lo que equivale igualmente al 6% de accidentes en este año; entre vehículos y ciclistas se reportó un registro de accidentes lo que equivale al 0.50%, estos datos fueron proporcionados por la administración del peaje.

3.1.2 Oportunidades Posibles a Aprovechar

2.4.2.1 Normativas

- **Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial publicada en el año 2008:**

Art. 204.- Los ciclistas tendrán los siguientes derechos:

a) Transitar por todas las vías públicas del país, con respeto y seguridad, excepto en aquellos en la que la infraestructura actual ponga en riesgo su seguridad, como túneles y pasos a desnivel sin carril para ciclistas, en los que se deberá adecuar espacios para hacerlo;

b) Disponer de vías de circulación privilegiada dentro de las ciudades y en las carreteras, como ciclovías y espacios similares;

c) Disponer de espacios gratuitos y libres de obstáculos, con las adecuaciones correspondiente, para el parqueo de las bicicletas en los terminales terrestres, estaciones de trolebús, metrovía y similares;

d) Derecho preferente de vía o circulación en los desvíos de avenidas y carreteras, cruce de caminos, intersecciones no señalizadas y ciclovías;

e) A transportar sus bicicletas en los vehículos de transporte público cantonal e interprovincial, sin ningún costo adicional. Para facilitar este derecho, y sin perjuicio de su cumplimiento incondicional, los transportistas dotarán a sus unidades de estructuras portabicicletas en sus partes anterior y superior; y,

f) Derecho a tener días de circulación preferente de las bicicletas en el área urbana, con determinación.

Art. 209.- Toda vía a ser construida, rehabilitada o mantenida deberá contar en los proyectos con un estudio técnico de seguridad y señalización vial, previamente al inicio de las obras. Los municipios, consejos provinciales y Ministerio de Obras

Públicas, deberán exigir como requisito obligatorio en todo nuevo proyecto de construcción de vías de circulación vehicular, la incorporación de senderos asfaltados o de hormigón para el uso de bicicletas con una anchura que no deberá ser inferior a los dos metros por cada vía unidireccional.

Art. 210.- Cuando se determine que no se ha cumplido con lo señalado en el artículo anterior, el Director Ejecutivo de la Comisión Nacional sancionará conforme a esta Ley y su Reglamento.

- **Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial publicada en el año 2012 nos dicen en sus artículos lo siguiente:**

Art. 103.- Los GADs, en su respectiva jurisdicción, deberán realizar estudios de factibilidad, previo a la incorporación de carriles exclusivos de bicicletas o ciclo vías.

Art. 105.- Los GADs deberán exigir en proyectos de edificaciones y áreas de acceso público, zonas exteriores destinadas para circulación y parqueo de bicicletas, dando la correspondiente facilidad a las personas que utilizan este tipo de transportación en viajes pendulares.

Art. 302.- Sin perjuicio de los derechos establecidos en el artículo. 204 de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, los ciclistas tendrán además los siguientes derechos:

1. A ser atendidos inmediatamente por los agentes de tránsito sobre sus denuncias por la obstaculización a su circulación por parte de los vehículos automotores y el irrespeto a sus derechos de preferencia de vía y transportación pública;

2. Tener preferencia de vía respecto a los vehículos a motor cuando habiéndoles correspondido el paso de acuerdo con la luz;

3. Circular, en caso de que existan, por las sendas especiales destinadas al uso de bicicletas, como ciclo vías. En caso contrario, lo harán por las mismas vías por las que circula el resto de los vehículos, teniendo la precaución de hacerlo en sentido de la vía, por la derecha, y acercándose lo más posible al borde de la vereda;

Y tendrán las siguientes obligaciones:

1. Mantener sus bicicletas equipadas con los siguientes aditamentos de seguridad: Frenos de pie y mano, dispositivos reflectantes en los extremos delantero de color blanco y posterior de color rojo, dispositivos reflectantes en pedales y ruedas. Para transitar de noche, la bicicleta debe tener luces trasera y delantera en buen estado;
2. Mantener la bicicleta y sus partes en buen estado mecánico, en especial los frenos y llantas;
3. Abstenerse de llevar puestos auriculares que no permitan una correcta audición del entorno;
4. Respetar la prioridad de paso de los peatones, en especial si son mujeres embarazadas, niños, niñas, adultos mayores de 65 años, invidentes, personas con movilidad reducida y personas con discapacidad;
5. Abstenerse de circular por los carriles de media y alta velocidad;
6. Abstenerse de circular por las aceras o por lugares destinados al tránsito exclusivo de peatones. En caso de necesitar hacerlo, bajarse de la bicicleta y caminar junto a ella;
7. Abstenerse de asirse o sujetarse a otros vehículos en movimiento;
8. Abstenerse de realizar maniobras repentinas;
9. Abstenerse de retirar las manos del manubrio, a menos que haya necesidad de hacerlo para efectuar señales para girar o detenerse y hacer uso anticipado de señales manuales advirtiendo la intención cuando se va a realizar un cambio de rumbo o cualquier otro tipo de maniobra, señalando con el brazo derecho o izquierdo, para dar posibilidad de adoptar las precauciones necesarias;
10. Llevar a bordo de forma segura sólo el número de personas para el que exista asiento disponible en las bicicletas cuya construcción lo permita, siempre y cuando esto no disminuya la visibilidad o que incomode en la conducción. En aquellas bicicletas que, por construcción, no puedan ser ocupadas por más de una persona, siempre y cuando el conductor sea mayor de edad, podrá llevar un menor de hasta siete años en asiento adicional;
11. Abstenerse de transportar personas en el manubrio de la bicicleta o entre el conductor y el manubrio; y,

12. Abstenerse transportar carga que impida mantener ambas manos sobre el manubrio, y un debido control del vehículo o su necesaria estabilidad o que disminuya la visibilidad del conductor.

- **El Plan Metropolitano de Desarrollo del Distrito Metropolitano de Quito en la ordenanza municipal 170** nos dice como parte de sus objetivos estratégicos:

El tránsito seguro para todos los usuarios de las vías es: lograr que los desplazamientos se realicen en condiciones de eficiencia, precautelando como valor más importante la seguridad e integridad de las personas, particularmente las más vulnerables en el tránsito, los peatones y ciclistas. Se deberá ejecutar una estrategia de seguridad vial que englobe:

- (a) diseñar, señalizar, operar y mantener la infraestructura viaria;
- (b) promover la incorporación de dispositivos de seguridad de los vehículos, conforme el desarrollo de los mercados mundiales;
- (c) sensibilizar y educar en temas de seguridad vial a todos los actores del sistema; y
- (d) mejorar la respuesta de los equipos de atención de accidentes, en coordinación con las instancias competentes.

- **El Plan Nacional del Buen Vivir** entre uno de sus objetivos en el numeral 3 nos dice lo siguiente:

Garantizar el acceso a servicios de transporte y movilidad incluyentes, seguros y sustentables a nivel local e intranacional:

- a. Incentivar el uso del transporte público masivo, seguro, digno y sustentable, bajo un enfoque de derechos.
- b. Promocionar y propiciar condiciones y espacios públicos bajo normas técnicas que incentiven el uso de transportes no motorizados como alternativa de movilidad sustentable, saludable e incluyente.

c. Promover el respeto del derecho del peaton, el ciclista y los demas tipos de transeúntes a circular por la vía publica.

i. Dotar de infraestructura adecuada y en óptimas condiciones para el uso y la gestión del transporte público masivo y no motorizado.

2.4.2.2 Derecho de Vía

Consiste en la facultad de ocupar, en cualquier tiempo, el terreno necesario para la construcción, conservación, ensanchamiento, mejoramiento o rectificación de caminos. De acuerdo al artículo 4 del reglamento aplicativo de la Ley de Caminos, está permitido construir cerramientos a partir de los 25 metros contados desde el centro de la vía, y edificar viviendas al margen de los 35 metros desde el eje de la carretera hacía cada uno de los lados. (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2009).



Figura 34. Detalle del derecho de vía

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2009)

2.4.2.3 Parterre

En la Autopista Rumiñahui existen dos parterres amplios que varían de 3m a 5m a lo largo de la autopista desde el puente 1 hasta el puente 9 y que dividen el tránsito vehicular en ambos sentidos, es decir sentido Valle - Quito y viceversa. Estos espacios

podrían ser utilizados para la ubicación de la ciclovía con las seguridades correspondientes, todo dependerá de los estudios posteriores.



Figura 35. Vista Superior Parterres

2.4.2.4 Diseño

El diseño de una ciclovía no requiere una gran carpeta asfáltica por las cargas ligeras que esta tiene ni de una gran sección transversal al ser una vía exclusiva de ciclistas o en algunos casos puede ser combinada para el uso también de peatones.

2.4.2.5 Interés en el Proyecto

Por parte de la administración del peaje, la Lic. Vanessa Hidalgo Directora de la Unidad de Gestión de Peajes manifestó el interés de aportar con las experiencias que diariamente se presentan en esta vía que une al centro de la capital con el Valle de los Chillos, por la que transitan miles de usuarios diariamente; el hecho de presentar otra alternativa de uso del espacio para los habitantes del sector sería positivo con las seguridades correspondientes.

3.1.3 Mercado Objetivo

Habitantes, trabajadores y estudiantes de los siguientes barrios alrededor de la AGR que son directamente los primeros beneficiarios del proyecto por su aporte en la

utilización de la autopista para movilizarse actualmente de un lado a otro dentro y fuera de la misma.

Tabla 13.

Nombres de los barrios aledaños a la Autopista General Rumiñahui.

PARROQUIA	BARRIO
CONOCOTO	COLLACOTO
	ANDALUZ
	CACHARPAQUI
	EL CONQUISTADOR
	EMPRESA ELECTRIC
	HOSPITALARI 2ETP
	HOSPITALARIA
	JUAN PABLO II
	LA ARMENIA 1
	LA CHORRERA
	LOS ARUPOS
	NUEVOS HORIZONTE
	PATRIMO FAM 1ETP
	PODER JUDICIAL
	PREVISION SOCIAL
	PUERTA DEL VALLE
	S_DGO.CONOCOTO
	SALVADOR CELI
	SERVIDOR DE LA PAZ
	SIN NOMBRE 127
	MONSERRATE
	STO DOMINGO LOS ALAMOS
	VISTA HERMOSA
	LA PAMPA
	SIN NOMBRE68
	LAS PEÑAS
EUCALIPTOS VALLE	
VALLE HERMOSO	
ALANGASÍ	S_GABRIEL
	SIN NOMBRE18
PUENGASÍ	OBRERO INDEP 1.2
	SIN NOMBRE51
	LOMAS PUENGASI

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010)



Figura 36. Espacio actual por el que cerca de la Autopista General Rumiñahui

Para el análisis de los beneficiarios del proyecto a nivel de idea se realizaron encuestas a una pequeña cantidad de personas que se movilizaban por la autopista. A continuación resumiremos por medio de gráficas los resultados obtenidos de las encuestas entre ellos el porcentaje de respaldo que tuvo la idea de una ciclovia en la Autopista General Rumiñahui.

Se presentará como **Anexo 2** a la encuesta como tal y en un **Anexo 3** los resultados.

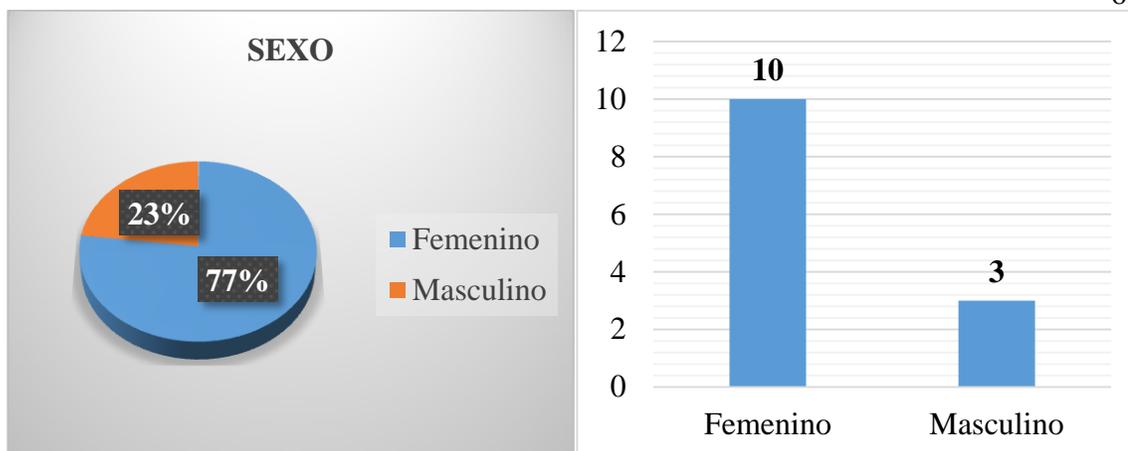


Figura 37. Clasificación por sexo de los encuestados

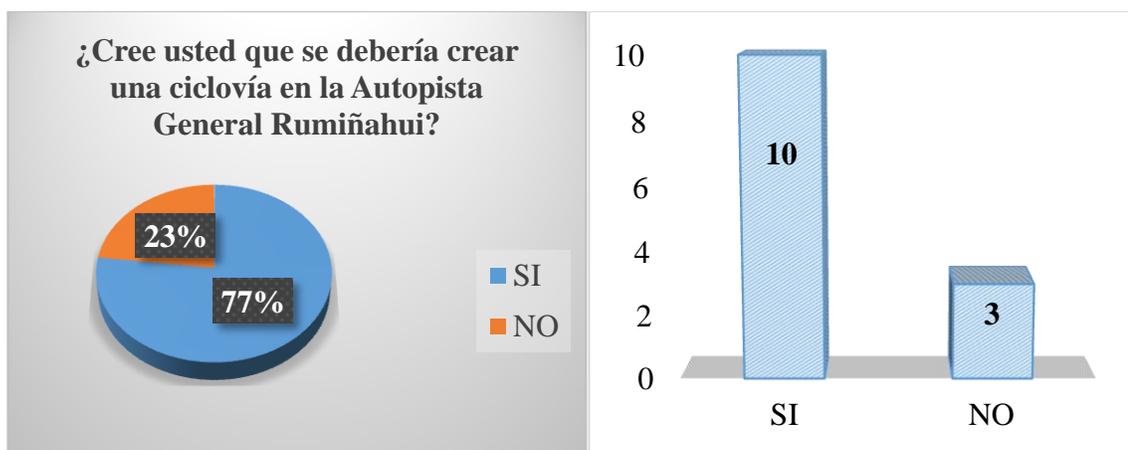


Figura 38. Opinión de los encuestados a la creación de una ciclo vía en la AGR.

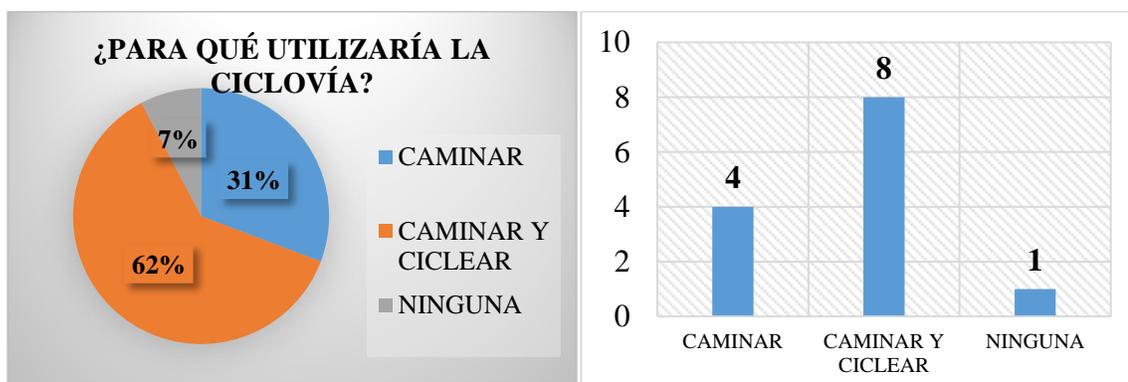


Figura 39. Clasificación del uso de la ciclo vía

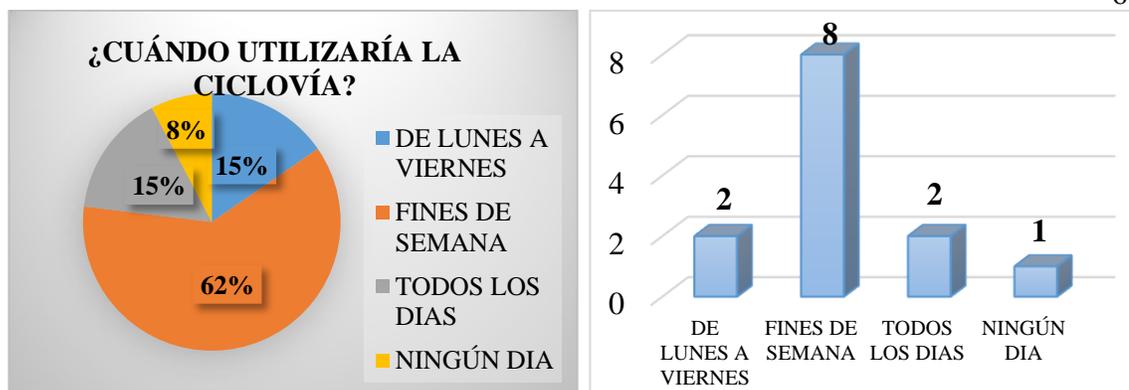


Figura 40. Días en que los encuestados utilizarían la ciclovía

Conclusión:

A nivel de idea se obtuvo una respuesta positiva del 77% y una respuesta negativa del 23% a la interrogante inicial del proyecto: ¿Se debería crear una ciclovía en la Autopista General Rumiñahui?, siendo esto un índice inicial de la necesidad que observan las personas alrededor del sector, igualmente un 62% de los encuestados manifiestan que utilizarían la ciclovía solamente los fines de semana como medio de transporte, un 15% nos indican que estarían dispuestos a usarla todos los días y otro 15% solamente de lunes a viernes.

3.1.4 Proceso Tecnológico

3.1.4.1 Tipos de Pavimentos

La superficie de rodadura deberá ser regular, impermeable, antideslizante y, en lo posible, de aspecto agradable. Las ciclorutas no son sometidas a grandes esfuerzos. No necesitan, por tanto, una estructura mayor a la utilizada para vías peatonales. Los requisitos de los y las ciclistas se resumen en una vía: uniforme, con resistencia de arrastre y con un buen diseño de drenaje.

Se tiene una preferencia en ciclovías hechas de asfalto u hormigón por su logro en uniformidad, menos resistencia al pedaleo lo que significa una menor pérdida de energía y mayor comodidad pero una pavimentación modular como adoquines, ladrillos

recocidos, pavimentos o losas de hormigón generalmente también son de buena textura y ofrecen una buena resistencia de arrastre su inconveniente es que son menos uniformes que las superficies de pavimento cerrado, se recomienda la utilización de pavimento modulado cuando se implementa soleras.

A continuación se presentarán los 4 tipos de pavimentos que según el Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas BROW caracterizó:

➤ **Asfalto:** garantiza una mejor uniformidad pero se debe tomar en cuenta que si se utiliza una capa de bitumen la cual se mezcla con agregado molido aumenta levemente la resistencia por el ciclista por lo cual no es muy recomendada en ciclovías de uso extenso por su desgaste ya que el bitumen a altas temperaturas tiende a ablandarse y puede adherirse a las llantas de la bicicleta, en esta situación las pequeñas piedras sueltas pueden ocasionar accidentes. Se puede minimizar este problema colocando una correcta aplicación de material apropiado y correcta gradación con una sólida unión entre el bitumen y las partículas, retirando el material sobrante pero aun así puede ocurrir el desprendimiento de partículas con el tiempo. El drenaje generalmente no es un problema en este tipo de pavimento.

➤ **Hormigón:** al ser una superficie cerrada no porosa ofrece igualmente una gran uniformidad en su superficie al ciclista, la resistencia es mayor que la del asfalto por eso es menos preferido por los ciclistas pero en términos generales una ciclovía de hormigón no causa problemas en el drenaje la durabilidad del material requiere un mínimo mantenimiento pero su desventaja es el alto costo de instalación.

➤ **Losas de Hormigón:** se pueden usar en subrasantes con una gran resistencia al peso, es una superficie menos lisa por las varias uniones que posee, son de aproximadamente 6cm de espesor para evitar fracturas durante trabajos de mantención y se deberán instalar soleras para evitar daños en las uniones y bordes longitudinales, generan una resistencia suficiente de arrastre y su textura es buena. Con este tipo de pavimento se debe tener cuidado en lograr un drenaje apropiado ya que sino el agua de

la lluvia penetrará por las uniones moviendo la arena por debajo de las losas y soltándolas, deteriorando así rápidamente la ciclovía.

➤ Pavioros o ladrillos recocidos: la uniformidad es la misma que las losas, pero se usa generalmente en ciertas calles que forman parte de un sistema de red de ciclovías, la resistencia de arrastre de los pavioros es muy buena pero la de los ladrillos recocidos pueden ser resbaladizos en caso de lluvias. Es importante que se coloquen juntos para que las uniones sean de espesor mínimo e igualmente que las losas se deben utilizar soleras para evitar el movimiento de los bloques y que se agranden las uniones.

Sin embargo el Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías de Lima y Callao nos indica que no es recomendable utilizar adoquines o bloques de ladrillos debido a la vibración que producirán durante el movimiento del ciclista a menos que se requiera reducir la velocidad del ciclista por su seguridad.

Los tramos de ciclovía hechos de superficies compactadas de piedras chancadas, arena, limo o tierra estabilizada son aceptables y ambientalmente preferibles cuando se trata de ciclovías recreativas.

También se recomienda que la ciclovía posea un color diferente al del resto de las vías alrededor en este caso la AGR para que los conductores se familiaricen con la presencia de los ciclistas y eviten accidentes de parte de los conductores de vehículos motorizados como de los mismos ciclistas y peatones.

3.1.4.2 Estructura del Pavimento

La construcción del pavimento tiene los siguientes parámetros:

- Sub Base: es la fundación sobre la cual se construye la base y se coloca directamente sobre el terreno natural del suelo, debe estar compuesto por un material

compactable y debe ser compactado en capas de 15cm con el 90% de la densidad máxima del próctor modificado.

- Base: es la capa que transmite las cargas superficiales al suelo, sus materiales deben estar limpios de materiales orgánicos, cada capa debe ser compactada con espesores menores a 15cm y debe ser compactada con el 95% de la densidad del próctor modificado con la humedad óptima. La base deber tener menos de 15cm después de ser compactada y no debe estar colocada sobre superficies húmedas.

La base debe extenderse con un ancho de 30cm a cada lado de la vía con respecto a la superficie de rodadura.

TAMIZ(mm)						TAMIZ (mm)	
Tamiz	28	20	14	5	1.25	315	80
% sobre tamaño	100	90-100	68-93	33-60	19-38	9-17	2-8

Figura 41. Condiciones de la granulometría recomendada
Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá, 1999)

La construcción de la base y sub – base de las ciclorutas no presenta ningún inconveniente para la construcción. El problema estructural más común es la calidad de la superficie, excepto en el caso de pistas exclusivas para bicicletas.

- Capa de Rodadura: las principales cualidades que determinan la selección del material como ya se ha mencionado anteriormente son regular, impermeable, antideslizante y, en lo posible, de aspecto agradable, aumentándole que deben ser resistentes y durables para evitar gastos en mantenimientos constantes en su estructura, pero el mantenimiento en la superficie debe ser rutinario ya que arena u otros materiales pueden causar accidentes. El tipo de material que se pueda utilizar ya fue detallado anteriormente.

A continuación se detallará en cortes la estructura de pavimentos con tres de los varios tipos de superficie que se puede colocar.

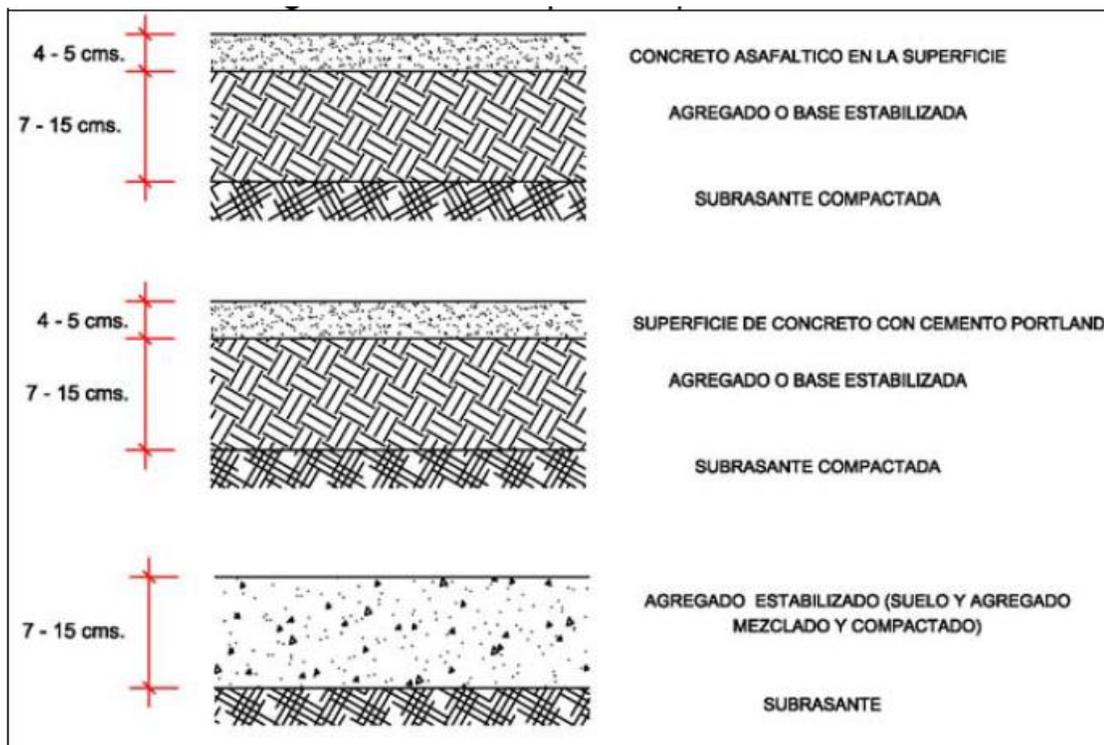


Figura 42. Estructura del pavimento

Fuente: (Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías, 2005)

3.1.4.3 Elementos de Protección

Debido al peligro que representa una vía con las características de la Autopista General Rumiñahui se ha previsto la necesidad de implementar sistemas de contención vial como elementos de protección para la ciclovía, estos elementos sirven para re direccionar el vehículo, contenerlo y mantenerlo dentro de la carretera, minimizando las lesiones de peatones o ciclistas que circulen por el carril diseñado específicamente para ellos, pero que de igual manera están expuestos a accidentes debido a las grandes velocidades con la que circulan los vehículos motorizados en esta vía, de esta manera se busca guardar a los ciclistas de algún impacto que pueda ser producido por imprudencias de los conductores, además que estos elementos servirán también como elementos visuales de la ciclovía, es decir servirá para que los conductores consideren la existencia de una vía exclusiva para ciclistas y peatones y tengan mayor cuidado al momento de conducir.

Las barandas de seguridad se ubicarán a lo largo de toda la autopista por ser una zona donde la velocidad es alta y está propensa a riesgos de accidentes.

Las barandas pueden ser desplazables, flexibles, semirrígidas y rígidas.



Figura 43. Tipos de barandas
Fuente: (Circula Seguro, 2010)

Considerando que la resistencia que se requiere de las barreras vehiculares a ubicarse en el proyecto es alta se tomarán las consideraciones de diseño de la norma AASHTO LRFD la cual nos presenta el diseño de protecciones vehiculares para puentes con el criterio de los estados límites, se clasifican de la siguiente manera:

- Protecciones laterales vehiculares de hormigón. Estas a su vez se clasifican en macizas o parapetos y en postes con vigas de hormigón armado.
- Protecciones laterales vehiculares metálicas. Con postes y vallas vehiculares de acero.
- Protecciones laterales vehiculares mixtas. Son combinadas con postes de hormigón armado y vallas vehiculares metálicas.

No hay que olvidar que las barreras de seguridad laterales están para evitar un mal mayor ante un desplazamiento hacia el exterior de la carretera pero nada pueden hacer ante una velocidad inadecuada o peligrosa porque, entre otras cuestiones, no se circula por un circuito de velocidad, sino más bien por un espacio compartido con el resto de usuarios, ni se debe ignorar la señalización que nos advierte e informa sobre los peligros inherentes a la carretera.

Para cualquier tipo de protección que se seleccione es importante mencionar que la distancia mínima que se debe dejar entre los vehículos y la barrera será de 0.5m, valor que posteriormente se tomará en cuenta para el ancho total que se requiere para el diseño de las alternativas de rutas de ciclovía.

3.1.4.4 Señalización

La señalización de la ciclovía se realizará tomando en cuenta el Anteproyecto de Reglamento de Ciclovías emitido por el MTOP en el 2012. Se clasifican en señales verticales y horizontales.

SEÑALIZACIÓN VERTICAL:

Señales preventivas (PC): Advierten a los usuarios de las vías, sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía o sectores adyacentes a la misma. Se utilizará la clasificación de los grupos de las señales preventivas determinada en el Reglamento de Señalización Vertical.

- Clasificación P6 Serie de obstáculos y situaciones especiales en la vía:

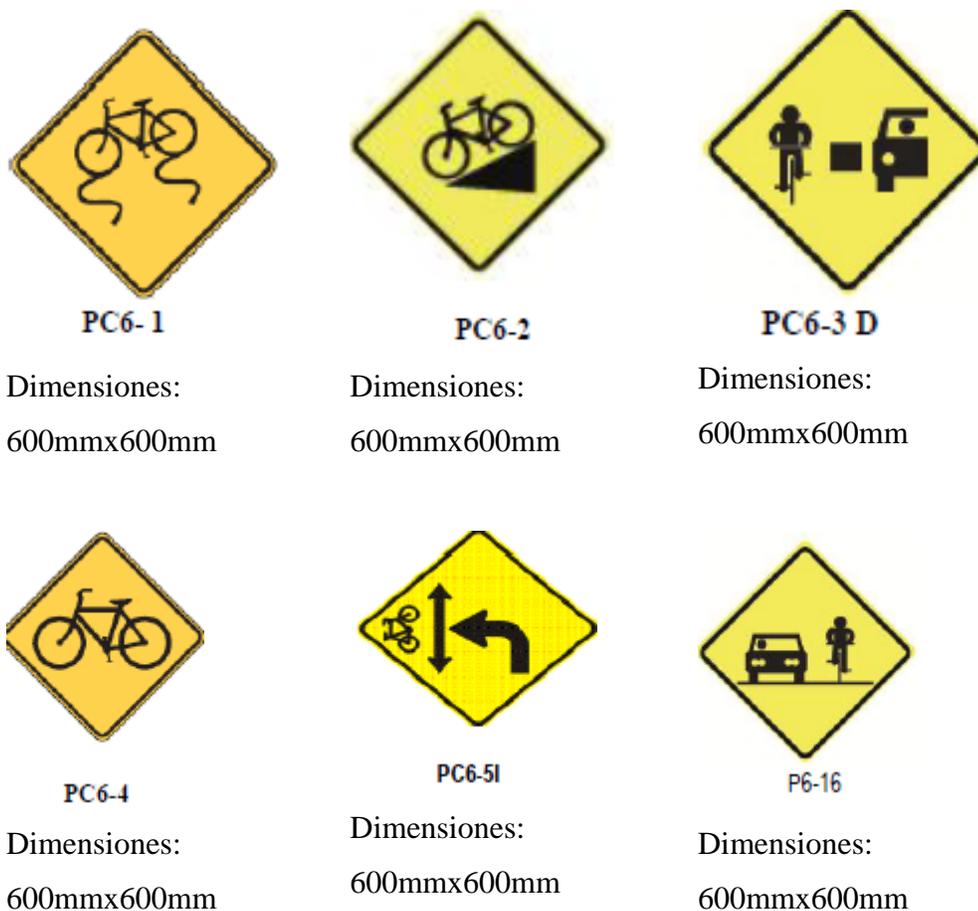


Figura 44. Señales Regulatorias PC6
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

Señales regulatorias (RC): Regulan el movimiento del tránsito e indican cuando se aplica un requerimiento legal, la falta del cumplimiento de sus instrucciones constituye una infracción de tránsito.

La mayoría de las señales regulatorias son de forma rectangular con el eje mayor vertical y tienen, orla, leyenda y/o símbolos negros sobre fondo blanco. Se especifican otras formas y colores para aquellas señales donde hay necesidad especial de fácil identificación. En lo posible se hace uso de símbolos y flechas para ayudar en la identificación y aclarar las instrucciones. En las señales regulatorias deben usarse alfabetos normalizados.

Para efectos de aplicación se utilizará la clasificación de los grupos de las señales regulatorias determinada en el Reglamento de Señalización Vertical:

- Serie de prioridad de paso (RC1): Estas señales son de uso exclusivo para vías segregadas y serán instaladas en las entradas a una intersección o en puntos específicos donde se requiera aplicar las reglamentaciones de circulación.



RC1-1

Dimensiones:
450mmx450mm



RC1-2

Dimensiones:
450mmx450mm



RC1-3

Dimensiones:
600mmx600mm



RC1-4

Dimensiones:
600mmx600mm



RC1-5

Dimensiones:
600mmx600mm



RC1-6i

Dimensiones:
600mmx600mm

Figura 45. Señales Regulatorias RC1
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

- Serie de movimiento y dirección. (RC2): Obligación de los ciclistas a circular solo en la dirección indicada por las flechas de las señales.



RC2-1

Dimensiones:
450mmx450mm



RC2-2

Dimensiones:
600mmx600mm



RC2-3.

Dimensiones:
600mmx600mm



RC2-4

Dimensiones:
450mmx450mm



RC2-5

Dimensiones:
650mmx600mm



RC2-6

Dimensiones:
600mmx600mm



RC2-7

Dimensiones:
450mmx600mm



RC2-8

Dimensiones:
450mmx600mm

Figura 46. Señales Regulatorias RC2

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

- Serie restricción de circulación. (RC3): Estas señales se utilizan para prohibir el ingreso y/o circulación de la clase de vehículo indicado en el símbolo. Esta señal prohíbe la continuación del movimiento directo del flujo vehicular o peatonal que se aproxima



Figura 47. Señales Regulatorias RC3
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

Señales informativas (IC): Informan a los usuarios de la vía de las direcciones, distancias, destinos, rutas, ubicación de servicios y puntos de interés turístico. Para este tipo de señales se utilizará una altura de letra de 100mm, altura libre de 2 metros, con una distancia mínima lateral entre el poste de la señal y el borde más próximo de 400

mm. Se recomienda la ubicación de las señales en el lado derecho, según el sentido de la marcha, en línea con otros elementos del mobiliario urbano.



Figura 48. Señales de Información ICI-1

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)



Figura 49. Señales de Información ICI-2

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL:

La señalización horizontal está conformada por símbolos, flechas, letras y líneas que se pintan sobre el pavimento, y estructuras de la vía o adyacentes a ella, También podrán colocarse otros elementos que sobresalgan de la superficie del pavimento, que permitan regular o canalizar el tránsito.

- **Materiales**

Las marcas viales deben hacerse mediante el uso de pinturas en frío u otros materiales para demarcación de pavimentos que cumplan con las especificaciones técnicas para señalización horizontal descritas en el RTE INEN 4 parte 2 Señalización horizontal, el NTE 1042 y se podrán también utilizar productos termoplásticos

preformados que cumplan la norma técnica del MUTCD y las especificaciones de la FHWA.

Los materiales utilizados para la demarcación de ciclovías no deberán presentar condiciones deslizantes, que puedan generar riesgo de accidentes a los peatones o ciclistas y deberán garantizar su visibilidad en condiciones atmosféricas adversas.

- ***Colores***

La demarcación de ciclovía será en colores blanca o amarilla.

 El color blanco se empleará en líneas longitudinales para hacer separaciones entre carriles en el tránsito del mismo sentido, en líneas de borde de pavimento, flechas, símbolos, mensajes viales, en marcas transversales, línea de pare y ceda el paso.

 El color amarillo se utilizará para separar flujos de sentido contrario.

Para la demarcación de la capa de rodadura de la ciclovía y/o sus intersecciones se deberán utilizar los colores rojo oxido, verde fluorescente y azul será para indicar los carriles exclusivos de las ciclovías, que cumplan con la especificaciones de la FHWA y al Manual MUTCD

- ***Señalización Horizontal para ciclovías.***

Los pictogramas de la bicicleta y la flecha siempre deberán estar acompañados y ubicados en cada inicio y fin de las intersecciones. El tamaño de los pictogramas dependerá del tipo de infraestructura a señalizarse. Además, el símbolo de bicicleta deberá estar acompañado de la palabra “SOLO”, si se desea dar mayor énfasis a la circulación exclusiva de bicicletas, en ese caso la palabra deberá ir debajo de la imagen de la bicicleta (Ver figura 12). Estos pictogramas deben ser ubicados de la siguiente manera: en vías compartidas las marcas de pavimento deberán estar cada 15 m. En el resto de infraestructura como son ciclovías segregada, carril bici, entre otras, dentro del perímetro urbano, las marcas deberán estar en cada intersección y cada 30 m. En la zona rural, específicamente para señalar ciclovías en espaldón, de igual manera estas marcas

de pavimento deberán ser colocadas en cada intersección y cada 250 m máximo en zonas sin ningún tipo de población y cada 150 m en zonas rurales que atraviesen poblados.

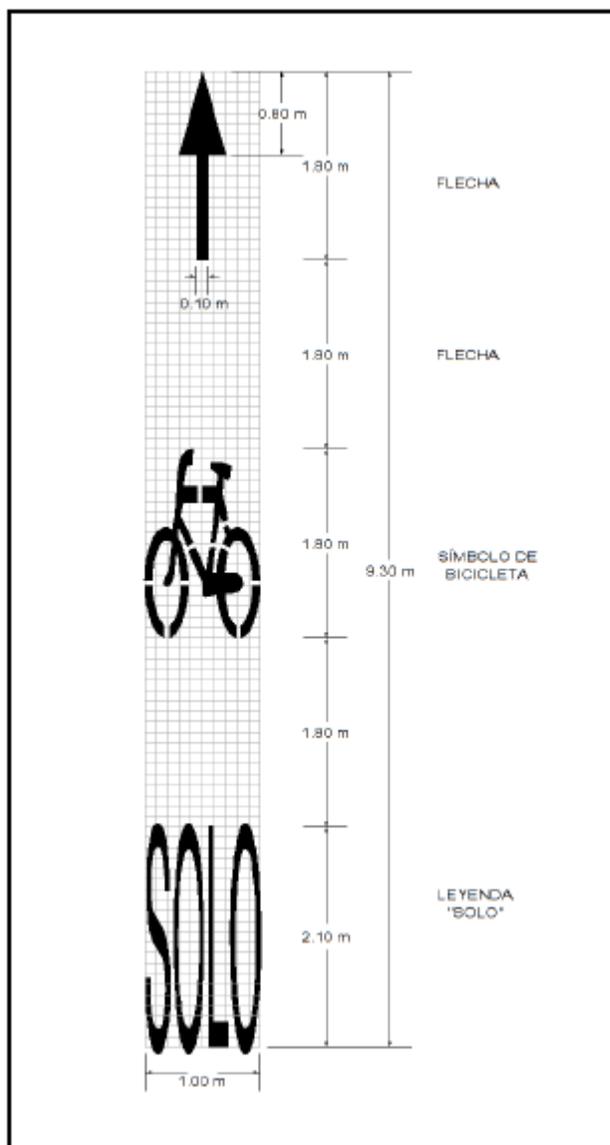


Figura 50. Marcas en el pavimento
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

En el caso del proyecto se pueden realizar las siguientes señalizaciones horizontales al proyectarse una ciclovía segregada para mayor seguridad por el alto tráfico existente en la autopista y la velocidad de los vehículos.

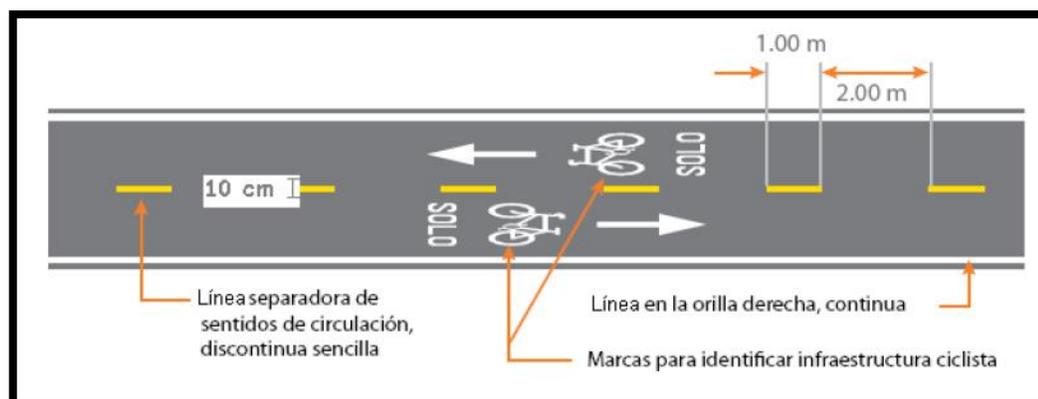


Figura 51. Señalización para zonas de rebase
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

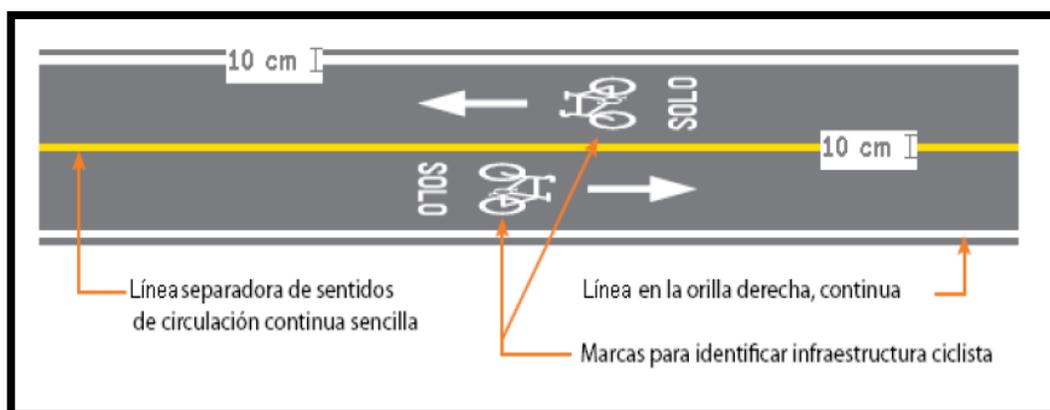


Figura 52. Señalización en zona de rebase prohibido
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

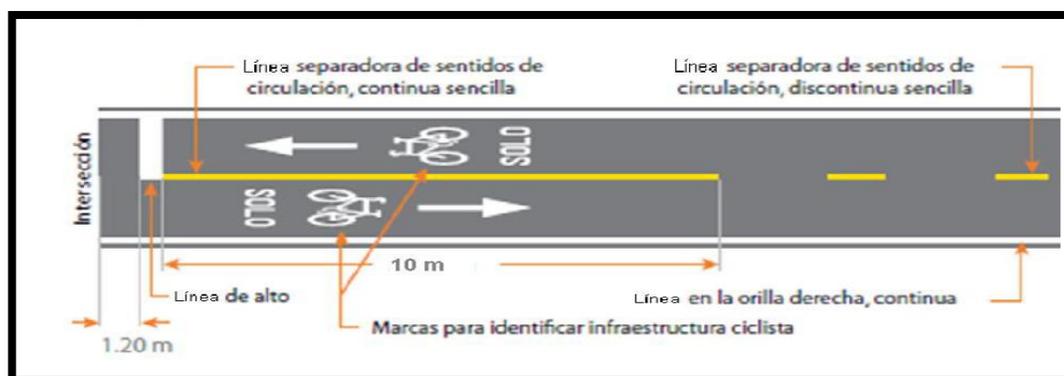


Figura 53. Señalización en aproximación a intersecciones
Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)

3.1.5 Tamaño de la Inversión

Desde el punto de vista económico, la bicicleta es el vehículo al alcance de la totalidad de la población por su bajo costo de adquisición y mantenimiento.

A manera general el gobierno en el año 2012 destinó 90 mil dólares por Km para ciclovías segregadas y 1.200dol por km para ciclovías en espaldón, en este mismo año el gobierno ha creado el plan nacional de ciclovías que motiva a construir ciclovías en todos los proyectos nuevos viales e implementarlas en las vías ya existentes del país preocupándose en brindar una infraestructura cómoda y segura para el ciclista, a continuación se presentará 5 ciclovías construidas con sus respectivos costos.

Tabla 14. Ciclovías Construidas

DESCRIPCIÓN	COSTO (dólares)	COSTO/KM
San Pablo – Y de San Vicente. Ciclovía segregada de 12.60km. Provincia de Santa Elena	2'564.464,30	203.528,91
Catamayo – Trapichillo – Guayabal en la provincia de Loja, ciclovía segregada de 2km, formó parte del proyecto vial El Emplame-Celica- Alamor	236.328,20	118.164,1
Ciclovía segregada de 42.72km en la ruta Chongón-Parque Lago-Cerecita- Progreso en la provincia del Guayas paralela a la autopista Guayaquil - Salinas	7'779.877,66	182.113,24
Cuenca – Girón – Pasaje ciclovía en espaldón, 29km. Provincia del Azuay	120.000	4.137,93
Ciclovía Santo Domingo – El Carmen, ciclovía en espaldón de 58,8km	375.302,75	6.382,69

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2016)

3.1.6 Empresario Requerido

La Administración Zonal del Valle de los Chillos es un gobierno autónomo descentralizado que representa al municipio de Quito en las gestiones correspondientes al Valle, su enfoque es brindar ayuda social, política y la construcción de infraestructura básica, promover la planificación territorial del Valle con orden y respeto de las ordenanzas municipales e impulsar el turismo y productividad de sus parroquias.

El Gobierno Autónomo Descentralizado de Pichincha es una institución pública que goza de autonomía y representa a la provincia, es la encargada de impulsar el desarrollo de la provincia de manera cultural y material, es por eso que se considera como el primer empresario interesado en nuestro proyecto, por la ubicación del mismo dentro de la provincia y exactamente en los alrededores de la Autopista General Rumiñahui, la cual es administrada por esta institución

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas es el encargado a nivel nacional de la planificación y desarrollo de obras de infraestructura, en estos últimos años de gobierno ha sido impulsado el uso de la bicicleta como medio alternativo de transporte no motorizado, por lo que se ejecutan varios proyectos para incorporar ciclovías en las áreas urbanas, rurales y parte de las carreteras de la red estatal.

3.1.7 Localización

El proyecto de ciclovía Puente 1 - El Triángulo, con una longitud aproximada de 9Km, está ubicado en la Región Sierra del Ecuador, en la provincia de Pichincha, cantón Quito, proyectada paralelamente a la Autopista General Rumiñahui.

3.1.8 Impacto Ambiental

Para la evaluación del impacto ambiental se presentará una matriz de Leopold que consiste en la identificación de las actividades principales del proyecto que podrían provocar acciones negativas o positivas en el medio ambiente.

Se ubicó los factores ambientales que pueden ser afectados por el proyecto en columnas y las actividades del proyecto en filas, este es un método de valoración cualitativa que nos sirve para valorar diversas alternativas en un proyecto, la estimación de la importancia de cada acción frente al impacto ambiental es subjetiva es decir no existen fórmulas que nos permitan determinar la magnitud del impacto sino que depende de la observación y experiencia del evaluador.

La suma de las celdas por las filas nos indica una valoración relativa del efecto que cada acción o actividad del proyecto produce en el medio y la agresividad de esa acción.

La suma de las celdas en columnas nos indica la incidencia de todas las acciones es decir del proyecto sobre cada factor ambiental es un indicador de la fragilidad de ese factor ambiental ante el proyecto.

MATRIZ DE LEOPOLD - IMPACTO AMBIENTAL

ACTIVIDADES - ACCIONES		IMPACTOS AMBIENTALES																								Peso impactos positivos		Peso impactos negativos			
		AIRE		AGUA		SUELO				FLORA	FAUNA	SOCIAL											Peso impactos positivos	Peso impactos negativos							
		Deterioro de la calidad del aire / emisiones de gases	Niveles de Ruido y Vibraciones	Alteración del drenaje	Alteración Calidad del agua superficial	Alteración del cause	Erosión de taludes / Estabilidad geotécnica	Afectación de hábitats	Estabilidad en rellenos y ampliaciones	Calidad del suelo por efectos de sobrecargas	Pérdida de la cobertura vegetal	Afectación de especies focales	Aumento número de usuarios / satisfachos	Calidad visual y Paisaje	Generación de Empleo	Creación de una infraestructura / servicio público	Cambio en las actividades económicas del sector	Calidad de vida de Población	Salud de pobladores	Tasas y contribuciones por modificación del suelo	Cambio en hábitos de transporte y desplazamiento	Integración de las zonas pobladas	Desplazamiento involuntario por compra de viviendas	Cambio en el acceso y movilidad de conductores	Cambio en el acceso y movilidad de ciclistas y peatones	Seguridad para ciclistas y peatones	Peso impactos positivos	Peso impactos negativos			
FASE INICIAL	Expropiaciones																											6	4		
	Contratación de mano de obra																												6	0	
	Adecuación de vías de acceso																												8	8	
	Desbroce y limpieza																												7	1	
FASE CONSTRUCTIVA	Generación de cortes en taludes																												6	6	
	Movilización de materiales de construcción, insumos, maquinaria y equipos																												3	3	
	Transporte del personal del proyecto																												3	1	
	Almacenamiento de materiales																												2	4	
	Generación de residuos solidos																												1	9	
	Disposición de materiales de cortes en rellenos																												6	1	
	Construcción de obras hidráulicas/ cunetas y desfogues																												8	2	
	Construcción de las capas granulares de la estructura del pavimento																												4	2	
	Construcción de capa del pavimento asfáltico																												4	3	
	Construcción de muros de sostenimiento																													8	2
	Implementación de elementos de protección vial laterales																													8	1
	Señalizaciones																													6	0
FASE FINAL	Acabado de la obra existente																												7	0	
	Reubicación de servicios (redes eléctricas, poliductos, etc.)																												3	2	
	Inauguración de la ciclovía con espacio mixto para ciclistas y peatones																												12	4	
																										108	53				
Peso positivo		0	0	2	1	2	4	6	3	2	1	0	2	9	17	19	14	7	2	0	3	2	0	1	7	4	108				
Peso negativo		6	9	3	2	1	0	6	0	2	5	0	2	4	0	0	4	0	2	1	0	1	2	3	0	0	53				

Criterios de evaluación:

Criterios de evaluación: 108 Impactos positivos

Criterios de evaluación: 53 Impactos negativos

3.2. ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD

Se realiza el estudio de prefactibilidad con el objetivo de recolectar toda la información existente sobre el tema del proyecto y verificar su disponibilidad, se realizó un análisis preliminar de la idea y un análisis de costos primero de la idea con el fin de aprovecharla o rechazarla y posteriormente se presentan alternativas y se selecciona la más óptima.

La prefactibilidad consta del diagnóstico de la situación actual la cual nos permite identificar el problema que se quiere solucionar, la utilización de los recursos disponibles, el análisis técnico de ingeniería del proyecto de las alternativas técnicas que permitan determinar los costos de operación del proyecto y el tamaño del proyecto que permita determinar su capacidad.

Las conclusiones del estudio permitirán recomendar una de las alternativas considerando su rentabilidad económica y se podrá decidir la continuidad del proyecto, la reformulación o su postergación.

3.2.1 Análisis de Involucrados

Es de suma importancia determinar primero aquellas personas beneficiarias o interesadas en el proyecto, así mismo conocer los grupos y organizaciones que se relacionan directamente con el desarrollo de la investigación.

Para nuestro proyecto se determinó como involucrados directos a las personas que habitan, trabajan o visitan los sectores ubicados alrededor de la Autopista General Rumiñahui.

En el Anexo 4 se detalla el plano de ubicación del proyecto con los barrios a su alrededor, y en el anexo 5 se indica una tabla con el nombre de la parroquia, del barrio y el número de habitantes obtenidos del censo realizado por el INEC en el año 2010 con la

población proyectada para cada barrio para el año 2016 y 2017 que son los involucrados directos del proyecto.

Con el valor de 50.680 habitantes proyectados para el 2016 se obtiene el tamaño de la muestra de la siguiente manera:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{e^2(N-1) + \sigma^2Z^2} \quad (5)$$

Datos:

$N=50680$

95% de confianza $Z = 1,96$

$\sigma = 0,5$

$e = 0,05$.

Reemplazando valores de la fórmula se tiene:

$$n = \frac{50680 * 0.5^2 * 1.96^2}{0.05^2(50680 - 1) + 0.5^2 * 1.96^2} = \frac{48673.072}{127.657} = 382$$

Como **Anexo 6** se presenta la encuesta final que se realizó a 386 personas que representan el 0.76% de la población y a continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos.

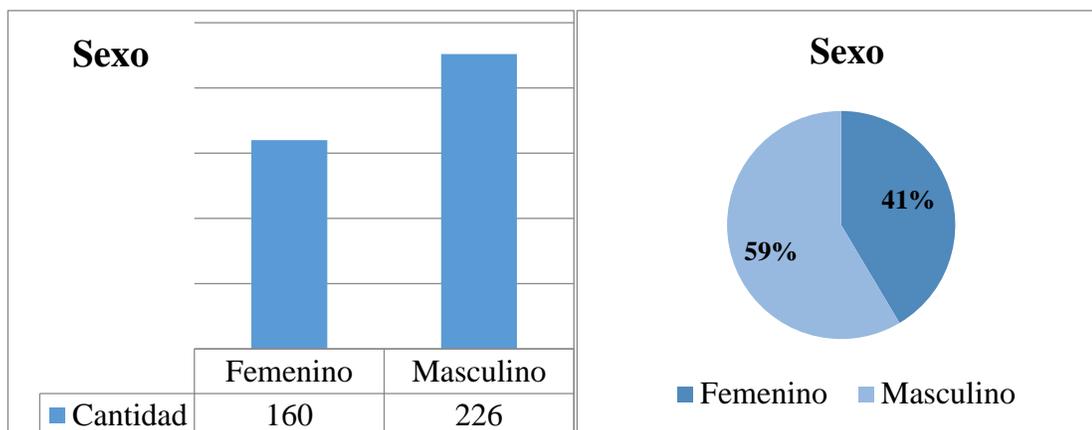


Figura 54. Clasificación por sexo

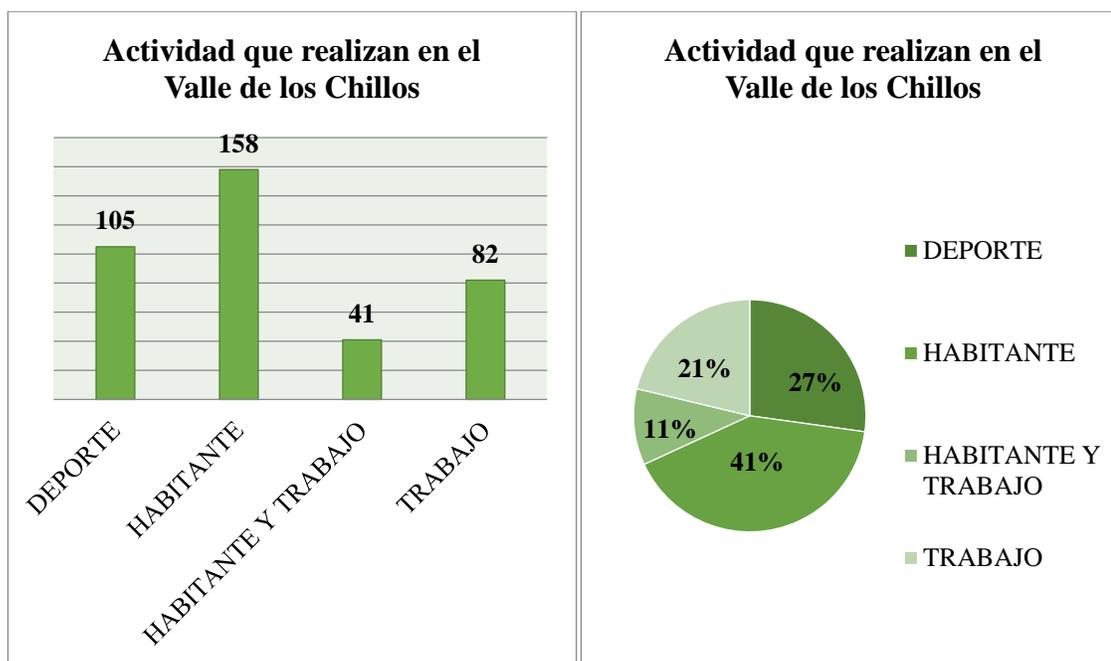


Figura 55. Clasificación por actividades

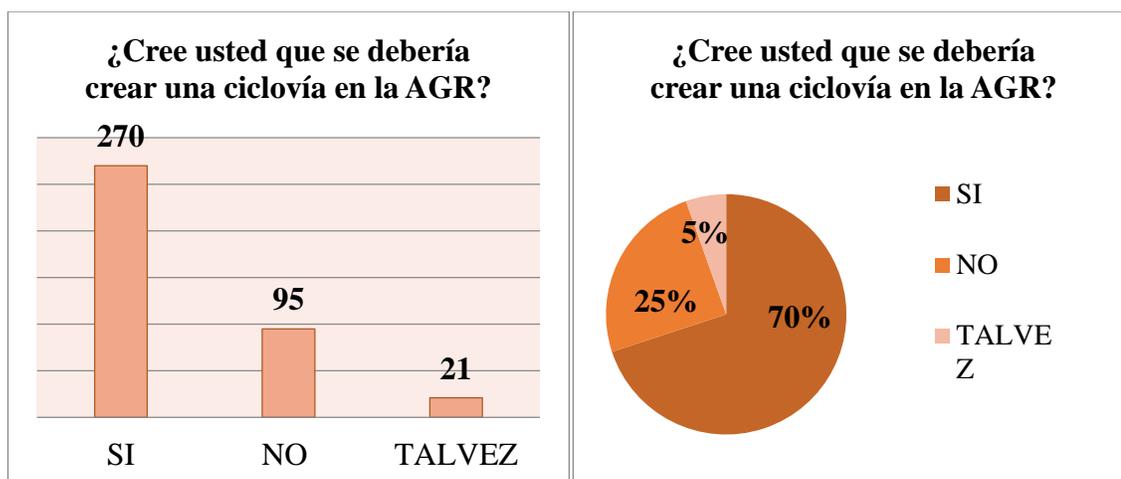


Figura 56. Respuestas sobre la creación de una ciclovia en la AGR

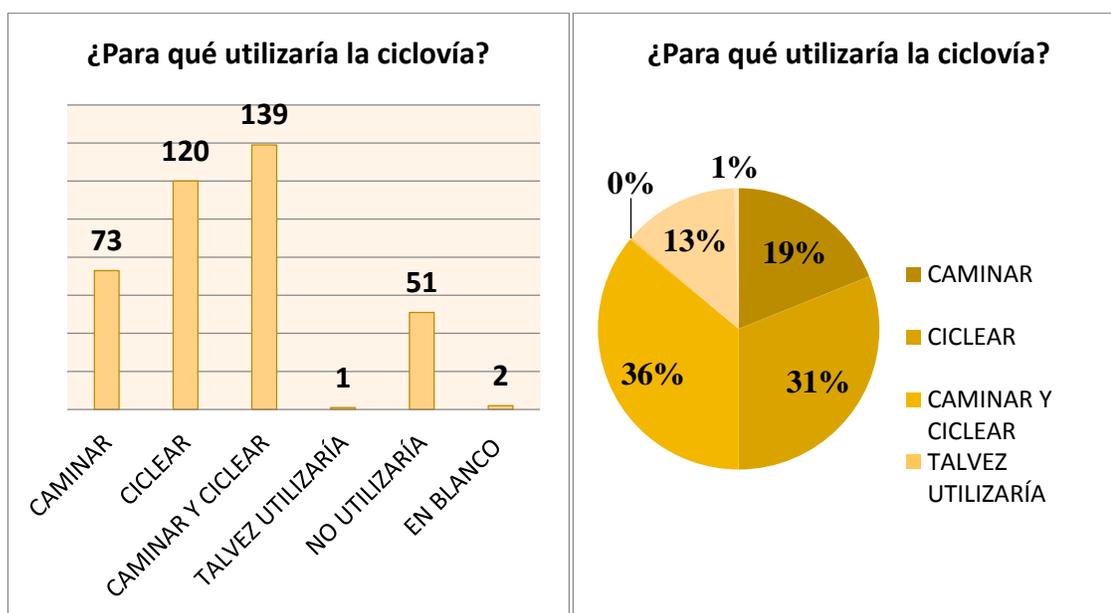


Figura 57. Uso futuro de la ciclovia según usuarios encuestados

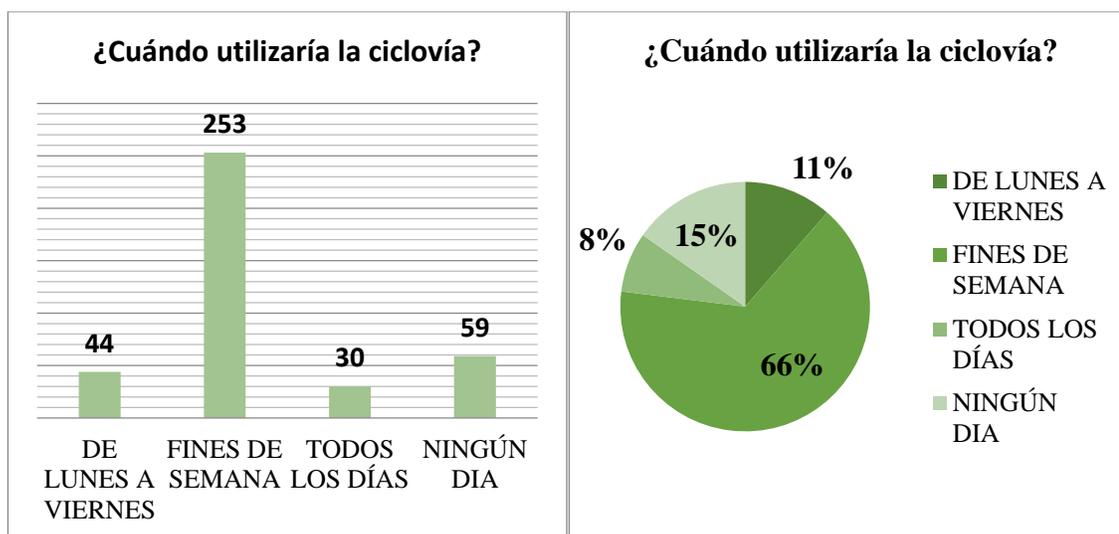


Figura 58. Días de la semana que utilizarían la ciclovía

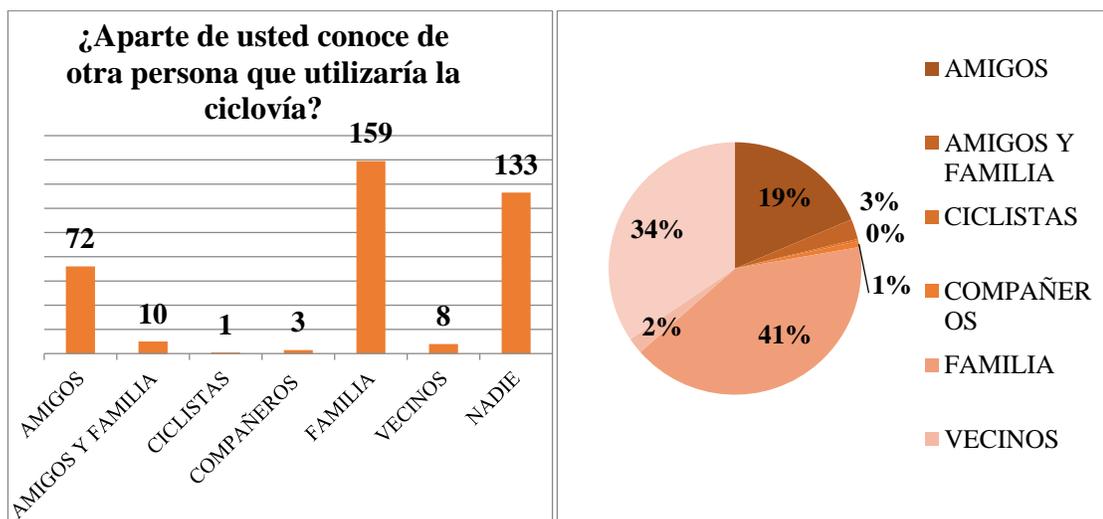


Figura 59. Posibles usuarios futuros según encuestas

Tabla 15. Problemas percibidos por los encuestados

	Contaminación ambiental	Dificultad de movilidad entre los sectores	Falta de un espacio seguro para ciclistas	Accidentes de peatones	Falta de un espacio seguro para peatones	Problemas de salud de los pobladores	Alto tráfico vehicular	Accidentes de ciclistas
Habitantes (158)	86 (54%)	53 (34%)	59 (37%)	55 (35%)	50 (32%)	58 (37%)	68 (43%)	57 (36%)
Trabajadores (82)	36 (44%)	27 (33%)	42 (51%)	36 (44%)	33 (40%)	30 (37%)	37 (45%)	44 (54%)
Habitantes y Trabajadores (41)	21 (51%)	20 (49%)	27 (66%)	19 (46%)	22 (54%)	22 (54%)	14 (34%)	27 (66%)
Deportistas (105)	61 (58%)	41 (39%)	53 (50%)	39 (37%)	48 (46%)	43 (41%)	47 (45%)	53 (50%)

3.2.1.1 Cuadro de Involucrados

GRUPO DE INVOLUCRADOS	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS	MANDATOS	INTERÉS E INFLUENCIA
Habitantes del Sector	<ul style="list-style-type: none"> - Un espacio seguro para ciclistas - Un espacio seguro para que transiten peatones 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación ambiental - Dificultad de movilidad entre los puentes pertenecientes a la autopista - Accidentes con peatones - Problemas de salud de los pobladores al no realizar ejercicio físico con frecuencia - Alto tráfico vehicular - Accidentes de ciclistas 	<ul style="list-style-type: none"> - Socialización del proyecto - Campañas de motivación - Recolección de firmas como respaldo frente a las autoridades de la iniciativa - Motivando a la utilización de la bicicleta con el ejemplo 	<p>Posesión de viviendas propias o arrendadas en el sector del puente 1 hasta el triángulo</p>	Mucho interés y poca influencia
Deportistas del sector	<ul style="list-style-type: none"> - Un espacio seguro para ciclistas - Un espacio seguro para que transiten peatones 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación ambiental - Dificultad de movilidad entre los puentes pertenecientes a la autopista - Accidentes con peatones 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar las bicicletas para motivar a las personas - Socializando el proyecto 	<p>Movilización hasta el sector del proyecto para la recreación</p>	Mucho interés y poca influencia

CONTINÚA



			<ul style="list-style-type: none"> - Problemas de salud de los pobladores al no realizar ejercicio físico con frecuencia - Alto tráfico vehicular - Accidentes de ciclistas 		
Habitantes y trabajadores del sector	<ul style="list-style-type: none"> - Un espacio seguro para ciclistas - Un espacio seguro para que transiten peatones 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación ambiental - Dificultad de movilidad entre los puentes pertenecientes a la autopista - Accidentes con peatones - Problemas de salud de los pobladores al no realizar ejercicio físico con frecuencia - Alto tráfico vehicular - Accidentes de ciclistas 	<ul style="list-style-type: none"> - Socialización del proyecto - Recolección de firmas como respaldo frente a las autoridades de la iniciativa 	<ul style="list-style-type: none"> - Vivienda propia o arrendada en el sector del proyecto - Trabajo en el sector del proyecto 	Mucho interés y poca influencia
Administradora de la Unidad de Gestión de Peajes	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad de los usuarios que se movilizan a pie o en bicicleta por la 	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgos de la integridad de deportistas presentes en la 	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencias diarias que se presentan en la autopista e 	CONTINÚA	

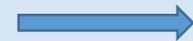
	<p>autopista</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nueva alternativa de uso del espacio para los habitantes del sector 	<p>Autopista principalmente los días sábados y domingos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alta velocidad vehicular 	<p>información referente a la autopista, necesaria para el desarrollo del proyecto</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Poder de decisión para hayar solución a los problemas que se presentan en la Autopista General Rumiñahui 	<p>Mucho interés y mucha influencia</p>
<p>Coordinador de Planificación de Gestión Vial del Gobierno Autónomo Descentralizado de Pichincha</p>	<p>Creación de un espacio segregado de la autopista generando así un nuevo modo de movilidad con infraestructura propia</p>	<p>No existe una planificación para implementar ciclovías en ese sector</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Respaldo positivo - Gestion de recursos para la elaboración de los estudios 	<ul style="list-style-type: none"> - Pertenecer al departamente de planificación vial - Aptitudes para resolver problemas y tomar decisiones 	<p>Mucho interés y mucha influencia</p>
<p>Coordinador Zonal del Valle de los Chillos</p>	<p>Espacio seguro para el tránsito de peatones y ciclistas en el sector del Valle de los Chillos que le corresponde a la Administración.</p>	<p>Educación vial centrada en transporte motorizado dejando de lado los nuevos modos de movilidad alternativos como es caminar y andar en bicicleta.</p>	<p>Financiamiento para la construcción y acompañamiento con los recursos disponibles para el desarrollo de los estudios previos</p>	<p>Cargo público dispuesto por el Alcalde de Quito</p> <p>CONTINÚA </p>	<p>Mucho interés y mucha influencia</p>

<p>Director de Obras Públicas del municipio de Rumiñahui</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cambiar los modos de moverse a una movilidad sustentable - Crear un sistema de transporte público masivo que complemente a la ciclovía generando así facilidad de continuidad en la movilización de las personas y que todos los habitantes del cantón Rumiñahui puedan acceder a este sistema 	<p>Crecimiento del parque automotor en aumento generando problemas de congestión y contaminación</p>	<p>Respaldo con todo lo necesario para los estudios del proyecto</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cargo público dispuesto por las autoridades delegadas - Conocimientos técnicos para el desarrollo de obras civiles 	<p>Mucho interés y mucha influencia</p>
<p>Dueños de terrenos a expropiar</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Buena remuneración por sus terrenos - Reubicación de sus viviendas por sectores cercanos 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de un espacio seguro para transitar peatones y ciclistas 	<ul style="list-style-type: none"> - Ninguno 	<ul style="list-style-type: none"> - Ser dueños de un terreno en los bordes de la Autopista General Rumiñahui 	<ul style="list-style-type: none"> - Poco interés y mucha influencia
<p>Gerente de la Cooperativa de transporte público Los Chillos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad para los peatones o ciclistas que utilicen la ciclovía - Diseño de la ruta en un espacio separado de la movilización de los vehículos motorizados 	<ul style="list-style-type: none"> - Vehículos no respetan límites de velocidad - Congestión de vehículos - Utilizan la autopista para ciclear 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestionar con los municipios para la movilización de las bicicletas en las bodegas o parrillas de los buses para complementar el 	<ul style="list-style-type: none"> - Selección por votos por parte de todos los miembros de la cooperativa <p>CONTINÚA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Poco interés y mucha influencia 

	<ul style="list-style-type: none"> - Complementar la ciclovía con el servicio de transporte público 	<ul style="list-style-type: none"> unicamente deportistas profesionales 	<ul style="list-style-type: none"> los proyecto - Promover el respeto entre los conductores de los autobuses hacia los demás usuarios que utilizan el espacio público para movilizarse 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestonador, organizador del servicio de transporte masivo “Los Chillos”
<p>Trabajadores del sector</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Un espacio seguro para ciclistas - Un espacio seguro para que transiten peatones 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación ambiental - Dificultad de movilidad entre los puentes pertenecientes a la autopista - Accidentes con peatones - Problemas de salud de los pobladores al no realizar ejercicio físico con frecuencia - Alto tráfico vehicular - Accidentes de ciclistas 	<ul style="list-style-type: none"> - Socializar el proyecto - Campañas de motivación 	<ul style="list-style-type: none"> - Poco interés y poca influencia
<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>CONTINÚA </p>

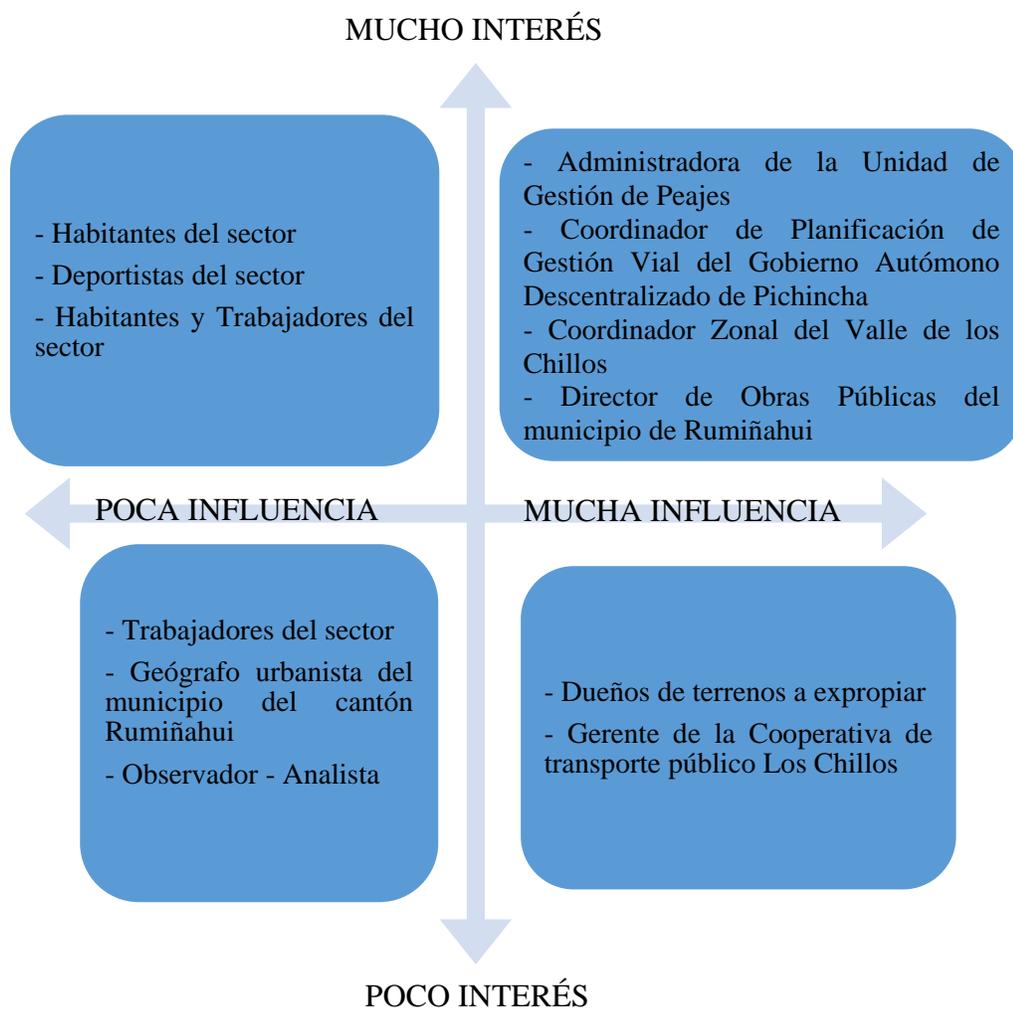
Geógrafo urbanista del municipio del cantón Rumiñahui	<ul style="list-style-type: none"> - Ofrecer una alternativa de conexión hasta Quito 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación ambiental y ruido por parte de los vehículos 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos en de planificaciones de movilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Contrato con la municipalidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Poco interés y poca influencia
Observador-Analista	<ul style="list-style-type: none"> - Creación de un espacio seguro combinado para el tránsito de peatones y ciclistas - Promoción de un nuevo método de movilización generando un nuevo estilo de vida - Fomentar la convivencia y tolerancia entre los usuarios que ocupan la autopista para movilizarse ya sea en auto, bus, bicicleta o caminando 	<ul style="list-style-type: none"> - Peatones no poseen un espacio seguro para caminar y transitan por la calzada promoviendo posibles accidentes - Espacios limitados por construcciones o taludes muy altos en diferentes tramos de la autopista obstaculizando la colocación del espacio seguro para transitar peatones o ciclistas - Límites de velocidad no respetados por parte de los conductores de los vehículos pequeños - Barandas de seguridad débiles que no cumplen 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo del estudio de prefactibilidad de una ciclovía en la Autopista General Rumiñahui 	<ul style="list-style-type: none"> - Interés en el desarrollo del proyecto - Tema del trabajo de titulación 	<ul style="list-style-type: none"> - Poco interés y poca influencia

CONTINÚA

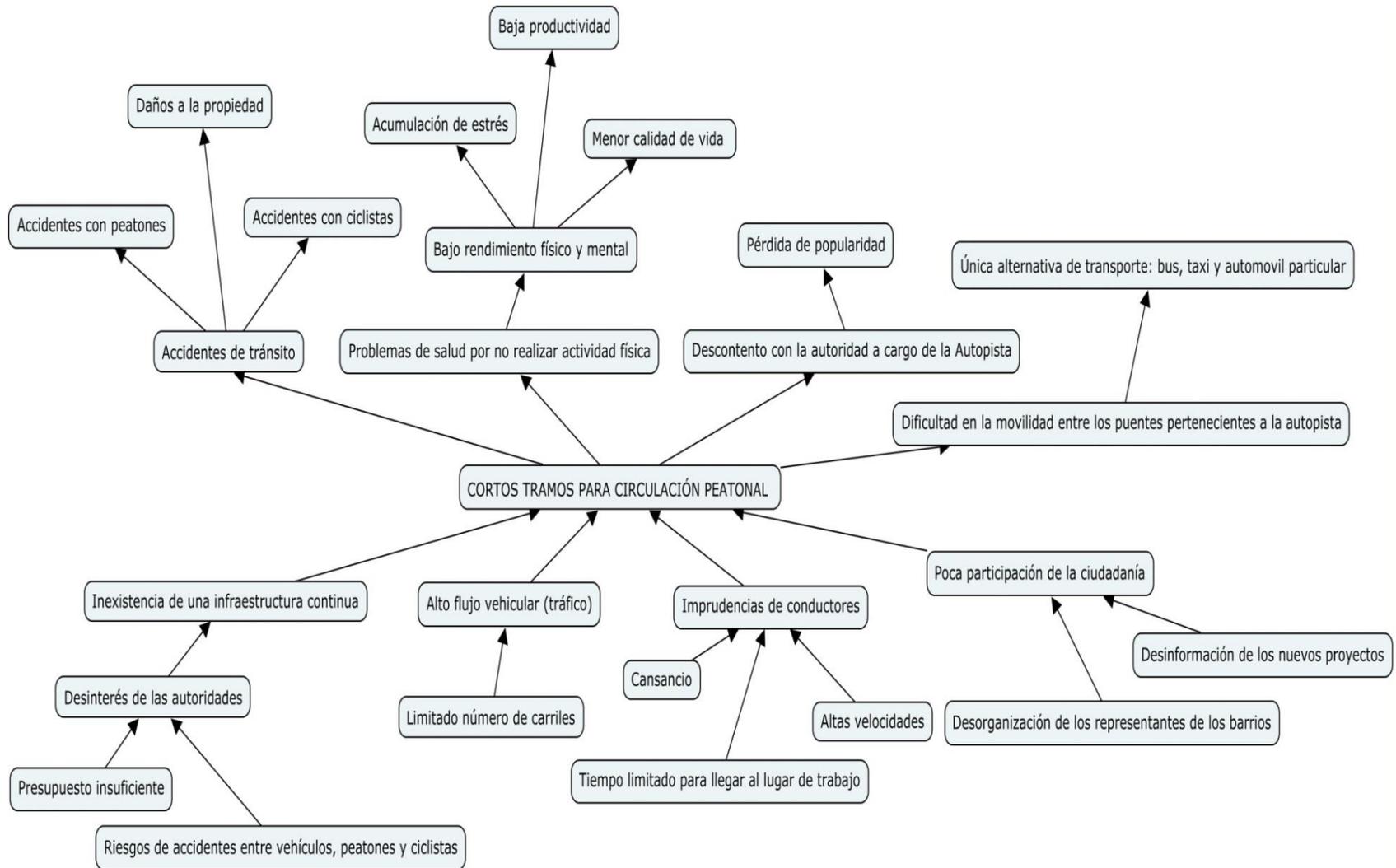


normas ni requisitos
creando inseguridad
para los pocos
espacios existentes
para caminar

3.2.1.2 Matriz de Involucrados



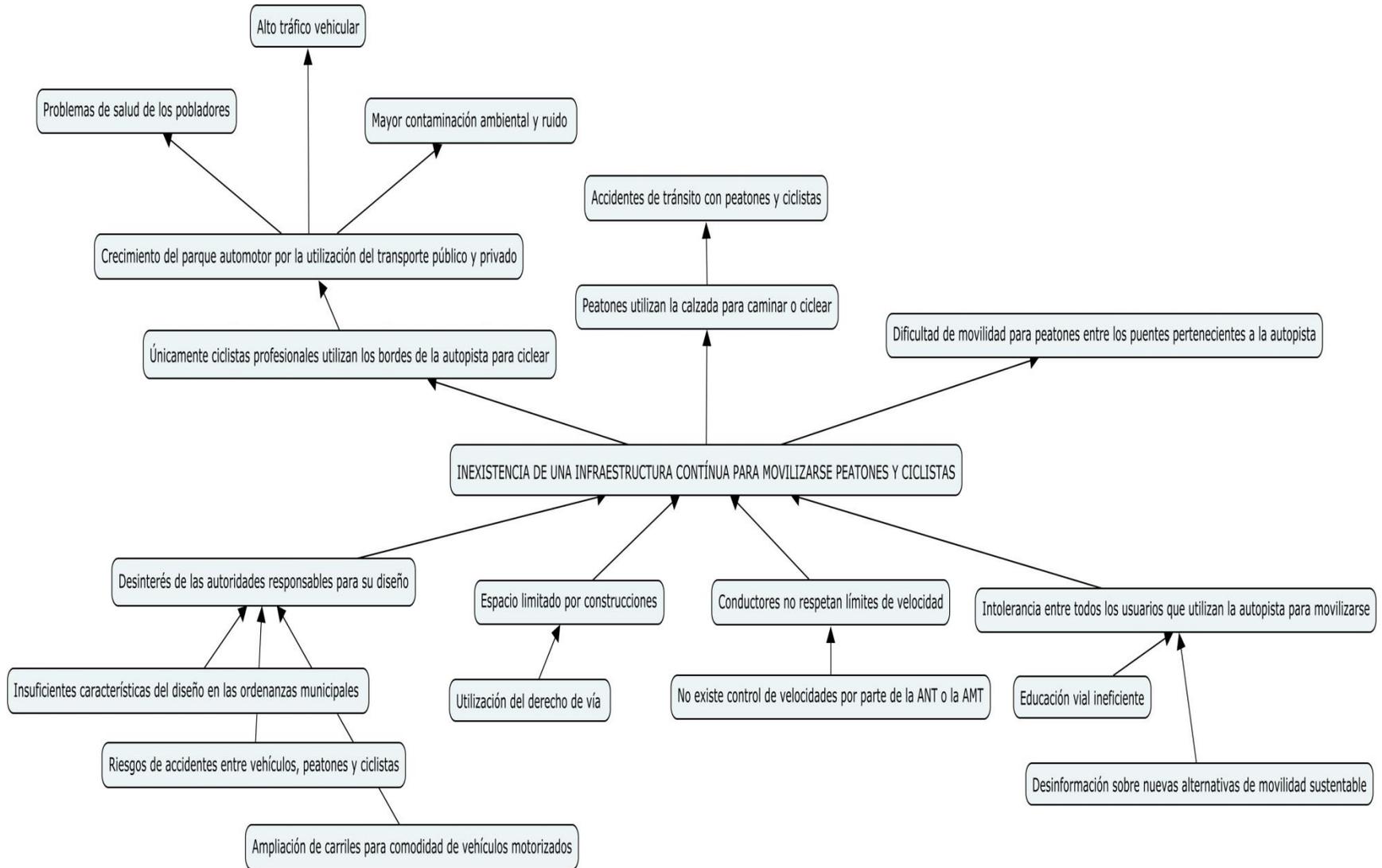
3.2.2 Análisis de Problemas



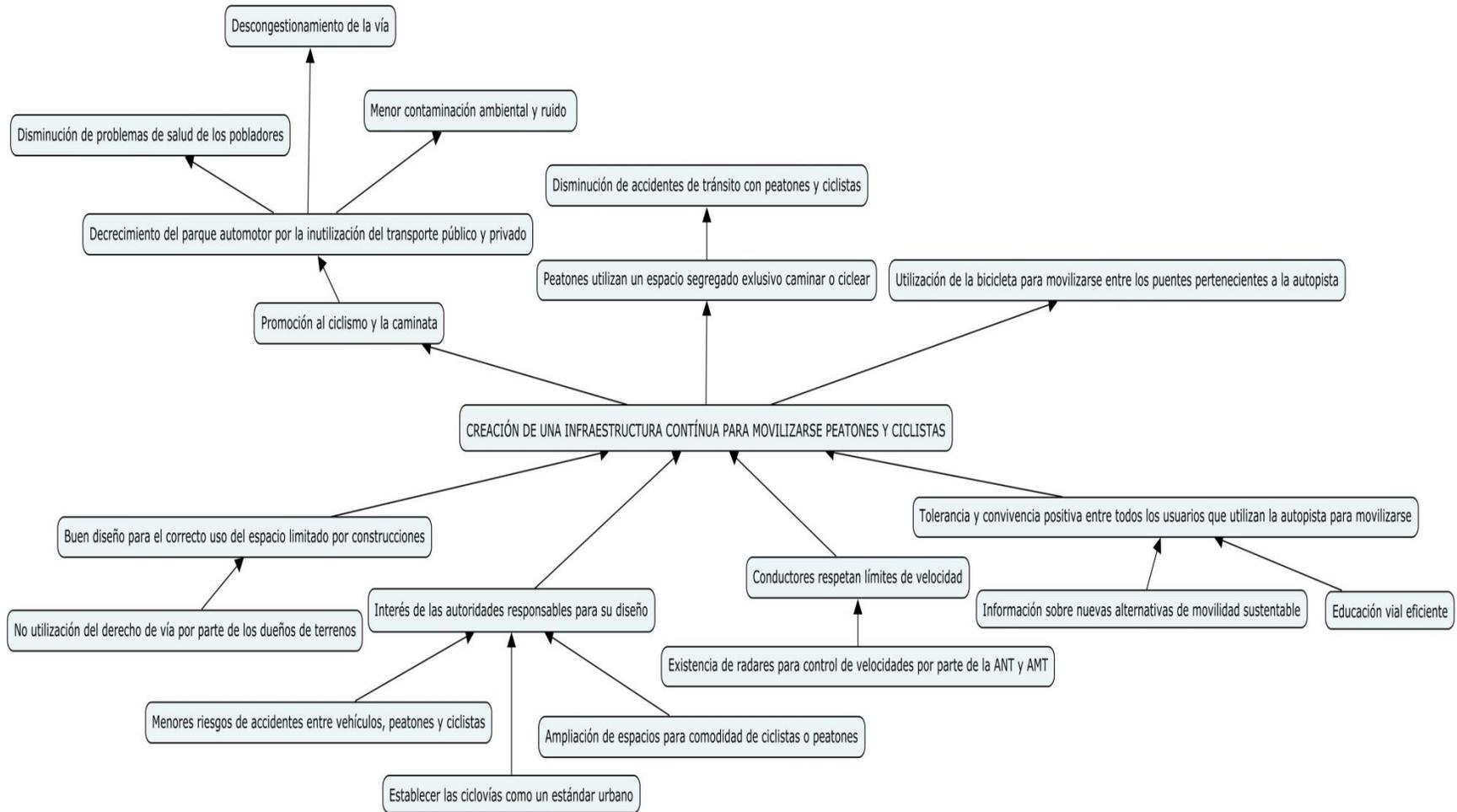
Matriz Causa - Causa

CAUSAS	Inexistencia de una infraestructura continua	Alto flujo vehicular	Imprudencias de conductores	Poca participación de la ciudadanía	PUNTUACION SUMA ACTIVA	INDICE DE ACTIVIDAD
Inexistencia de una infraestructura continua	X	1	3	3	7	1.75
Alto flujo vehicular	1	X	3	1	5	1.67
Imprudencias de conductores	1	1	X	1	3	0.43
Poca participación de la ciudadanía	3	1	1	X	5	1
SUMA PASIVA	4	3	7	5	X	

La causa clave es: INEXISTENCIA DE UNA INFRAESTRUCTURA CONTINUA



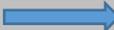
3.2.3 Árbol de Objetivos



Conclusión: Tomando en cuenta los resultados obtenidos de las entrevistas y las encuestas se considera la importancia de la implementación de una infraestructura continua paralela a la Autopista General Rumiñahui por la que puedan movilizarse diariamente peatones y ciclistas con la seguridad de no tener accidentes.

3.2.4 Matriz de Marco Lógico

RESUMEN NARRATIVO	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN: - Promoción al ciclismo y la caminata - Decrecimiento del parque automotor por el uso de ciclovías - Descongestionamiento de la vía - Peatones utilizan un espacio segregado exclusivo para caminar o ciclear - Disminución de accidentes de tránsito - Utilización de la bicicleta para movilizarse entre puentes pertenecientes a la autopista	- Aumentado el flujo de ciclistas y peatones en un 50% entre los que se movilizan de sus hogares a sus trabajos, en el año 1 a partir de la implementación del proyecto - Reducido en un 10% el uso de vehículos privados o públicos por aquellas personas que viven y trabajan en el sector del proyecto - Disminuidos accidentes de tránsito entre conductores, peatones y ciclistas al 50% en el año 1 a partir de la construcción del proyecto - Incrementado el número de ciclistas como medio de transporte para el traslado entre puentes	- Conteo del número de usuarios del proyecto entre el puente 1 y el Triángulo - Encuestas para verificar la aceptación del proyecto por parte de los habitantes, trabajadores o deportistas del sector - Estadísticas de accidentes de tránsito de la Autopista General Rumiñahui por parte de la administración del peaje - Verificación por medio de observaciones del uso dado a la nueva infraestructura	
PROPÓSITO - Creación de una infraestructura continua para movilizarse peatones y ciclistas	- Finalizado el estudio de prefactibilidad sobre la creación de un espacio en la autopista el 100% en 10 meses	- Estudio de prefactibilidad presentado	- Respaldo económico por parte de las instituciones públicas responsables del sector del proyecto para la elaboración de todos los estudios previos a la implementación del proyecto

CONTINÚA 

<p>COMPONENTES</p> <p>1. Interés de las autoridades para su diseño</p> <p>2. Buen diseño para el correcto uso del espacio limitado por construcciones</p> <p>3. Conductores respetan límites de velocidad</p> <p>4. Tolerancia y convivencia positiva entre todos los usuarios que utilizan la autopista para moverse</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementada la participación de los gobiernos locales y del gobierno provincial en un 50% - Espacio disponible utilizado - Campañas de convivencia entre conductores, ciclistas y peatones sobre cómo usar los diferentes espacios públicos para su circulación - aumentado en un 50% 	<ul style="list-style-type: none"> - Informes emitidos sobre la inclusión del proyecto en cada uno de sus gobiernos locales o provinciales - Estudios del espacio disponible para la implementación del proyecto - Encuestas a los ciudadanos para conocer si han recibido o no capacitaciones sobre el correcto uso del espacio público y la convivencia entre todos sus usuarios 	<ul style="list-style-type: none"> - Participación activa de la policía nacional, gobiernos locales, provinciales y del gobierno nacional - Planificaciones a nivel cantonal, provincial y nacional para educar a la ciudadanía sobre la convivencia entre todos los usuarios de las vías del país
<p>ACTIVIDADES</p> <p>1.1 Menores riesgos de accidentes entre vehículos, peatones y ciclistas</p> <p>1.2 Establecer las ciclovías como un estándar urbano</p> <p>1.3 Ampliación de espacios para comodidad de ciclistas y peatones</p> <p>2.1 No utilización del derecho de vía por parte de los dueños de terrenos</p> <p>3.1 Existencia de radares para control de velocidades por parte de la ANT y AMT</p> <p>4.1 Información sobre nuevas alternativas de movilidad sustentable</p> <p>4.2 Educación vial eficiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgos de accidentes disminuidos por el diseño e implementación de barreras de contención vial laterales - Implementado el diseño del espacio para ciclovías en la zona urbana y rural de las ciudades - Difusión de la ley de caminos con todos los ciudadanos y mayormente con propietarios de terrenos cercanos a las vías - Implementado en un 50% la ubicación de radares a lo largo de la AGR - Incrementado en un 50% de los ciudadanos los conocimientos y la aplicación acerca de los beneficios de la movilidad sustentable en su ciudad, en su país y en el mundo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de elementos de protección vehicular - Ordenanzas municipales modificadas por parte de las autoridades a cargo - Informes emitidos por las autoridades correspondientes sobre capacitaciones dadas a los ciudadanos - Informes emitidos por la administración del peaje de la AGR sobre los accidentes durante los años posteriores a la implementación del proyecto - Encuestas posteriores a la implementación del proyecto para verificación de la acogida por parte de la ciudadanía 	<ul style="list-style-type: none"> - Participación activa de la ciudadanía solicitando a las autoridades la implementación de espacios seguros para transitar peatones y ciclistas y a su vez solicitar las respectivas capacitaciones sobre la convivencia y el correcto uso de los espacios públicos para transitar - Reformas en el plan de desarrollo territorial de cada cantón y sus ordenanzas municipales - Planificaciones a nivel cantonal, provincial y nacional por parte de la policía nacional de información para una correcta educación vial y movilidad sustentable

CAPITULO IV

4.1. ANÁLISIS TÉCNICO

4.1.1 Características de la Autopista General Rumiñahui

La “Normas para Estudios y Diseños Viales (NEVI-12)”, Volumen N2-Libro A nos indica lo siguiente para la caracterización de la estructura del camino: La información mínima para este nivel de estudio puede obtenerse de cartas camineras actualizadas, datos de inventarios viales, de la inspección visual, estudios previos, para esta fase se definirán las alternativas de diseño.

4.1.1.1 Tipos de Secciones transversales:

Después de un recorrido realizado a lo largo de la autopista desde el puente 1 hasta el triángulo sitio de estudio en este proyecto, se identificaron 40 secciones diferentes, que se resumieron a 15 tipos de secciones, se sintetizaron de esta manera por su tipología es decir entre las 40 secciones que se encontraron su forma se repite en varias de ellas pero lo que varía son las dimensiones en los costados o en los parterres, en vista del peligro que se presentó el levantar las medidas exactas de las calzadas en cada sección se procedió a dibujar las secciones con las medidas estándar para las calzadas; en cuanto a los parterres cuando se levantó sus dimensiones en cada sección estas variaban para el parterre más grande de 3m a 4m y para el parterre más pequeño de 2m a 3.5m se colocó un valor general de 4m y 3m respectivamente.



Figura 60. Levantamiento dimensión de veredas



Figura 61. Levantamiento la dimensión de parterres

A continuación se presentarán las secciones que se ubicaron en resumen a lo largo de toda la autopista desde el puente 1 hasta el triángulo, necesarias para los estudios posteriores, todas estas secciones son detalladas en la dirección Quito – Valle.

4.1.1.2 Sección A.

Esta sección se caracteriza por tener dos espacios disponibles al costado de la vía, estos espacios varían sus dimensiones en distintos tramos es decir en un tramo se puede encontrar espacios a ambos lados de 1.5 metros y en otro tramo de 5 metros, a continuación de estos espacios generalmente se encuentran viviendas, taludes o quebradas.

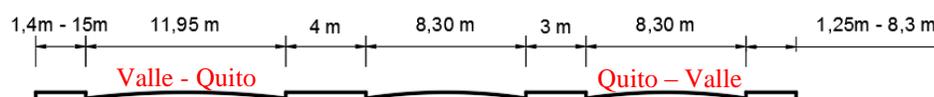


Figura 62. Esquema Sección tipo A



Figura 63. Fotografías sección A

4.1.1.3 Sección B.

En este tipo de sección existe en el costado izquierdo una distancia que varía seguida por un talud y al otro costado se tiene un espacio más amplio que se podría utilizar, este espacio del lado derecho se encuentra seguido por bosques, viviendas, taludes o quebradas varía dependiendo del tramo.

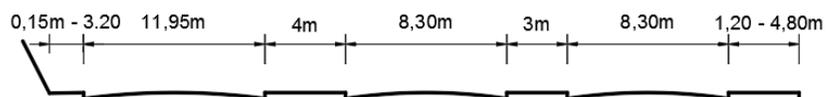


Figura 64. Esquema Sección tipo B



Figura 65. Fotografías sección B

4.1.1.4 Sección C.

Del lado izquierdo existe un espacio que varía de 2m – 2.30m seguido por una quebrada y del costado derecho existe un espacio de 4.2m seguido por un talud.

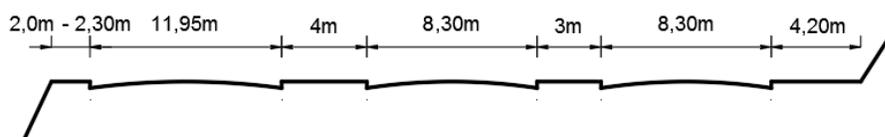


Figura 66. Esquema Sección tipo C



Figura 67. Fotografías sección C

4.1.1.5 Sección D.

Existe a los dos costados de la autopista espacios que varían de 0.5 a 5 metros según el tramo y que se encuentran seguidos por taludes tal como se puede ver en el siguiente esquema y fotografías.

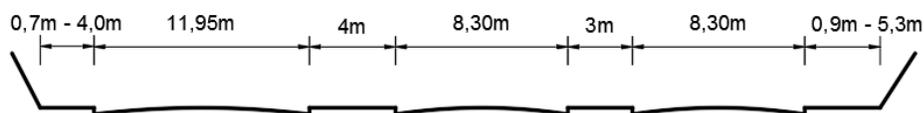


Figura 68. Esquema Sección tipo D



Figura 69. Fotografías sección D

4.1.1.6 Sección E.

En el costado izquierdo de la autopista existe una distancia variada de 1.8 a 4.0 metros las cuales dependen como se mencionó anteriormente del tramo en el que exista este tipo de sección, estas distancias se encontraron seguidas por una quebrada no muy profunda y en el costado derecho el espacio de 1.75 a 4.8 metros se encuentra seguido por un muro que protege construcciones existentes.

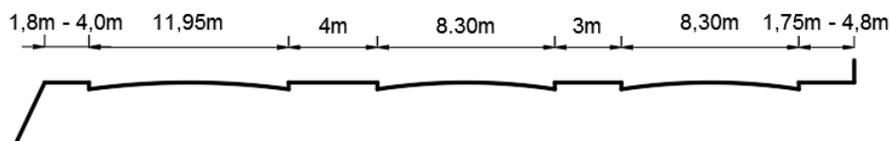


Figura 70. Esquema Sección tipo E



Figura 71. Fotografías sección E

4.1.1.7 Sección F.

En esta sección existe en el borde derecho una vereda seguida por un talud con viviendas en la parte superior de este y por el borde izquierdo un espacio que varía explicado en el siguiente esquema, seguido por una quebrada.

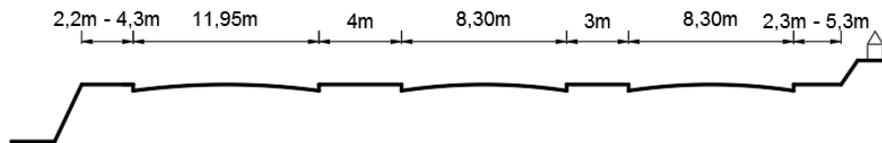


Figura 72. Esquema Sección tipo F

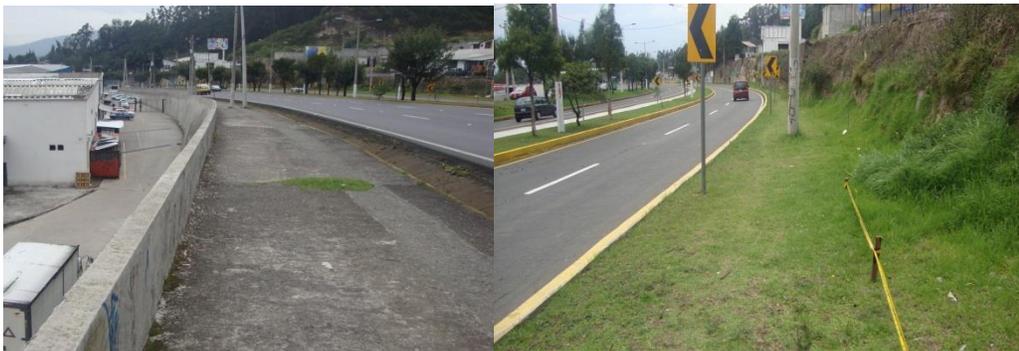


Figura 73. Fotografías sección F

4.1.1.8 Sección G.

Al costado derecho se tiene una vereda seguido por muros de cerramientos de viviendas y en el costado izquierdo de la autopista existe un espacio de 2.35m seguido por una calle de servicio que interseca con la autopista, este tipo de sección se encuentra únicamente a la altura del puente 3.

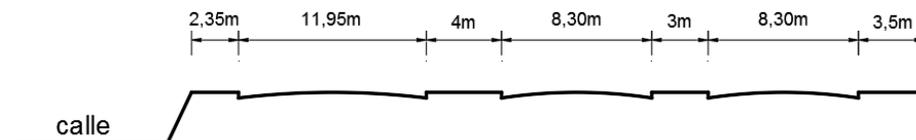


Figura 74. Esquema Sección tipo G



Figura 75. Fotografías sección G

4.1.1.9 Sección H.

Como su esquema lo indica existen taludes en el extremo derecho con construcciones en la parte superior y en el borde izquierdo se encuentra una quebrada.

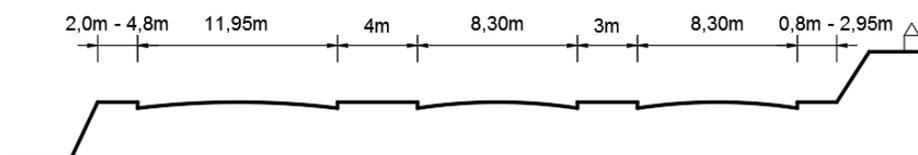


Figura 76. Esquema Sección tipo H



Figura 77. Fotografías sección H

4.1.1.10 Sección I.

En el borde izquierdo existe un muro que indica la presencia de construcciones muy próximas a la autopista divididas solo por una vereda, al otro extremo existe un espacio seguido por un talud.

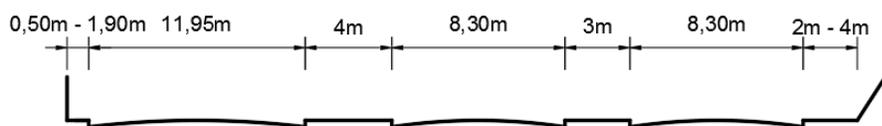


Figura 78. Esquema Sección tipo I



Figura 79. Fotografías sección I

4.1.1.11 Sección J.

Esta sección se encuentra a partir del intercambiador después del puente 8 el cual permite el acceso y desfogue de la autopista hacia Conocoto y la Armenia, en esta sección se suman dos carriles al lado izquierdo se encuentran seguidos a los tres carriles iguales a las anteriores secciones, estos dos carriles están seguidos por un espacio que varía de 2.5 – 6.0 metros conforme se acerca al puente 9, este espacio termina en una quebrada no muy profunda en la cual existen construcciones las cuales se pueden observar a lo lejos en la Figura 81. Así mismo en el costado derecho de la autopista existe una vereda seguida de un muro que indica la existencia de construcciones apenas se acaba la distancia indicada en el esquema.

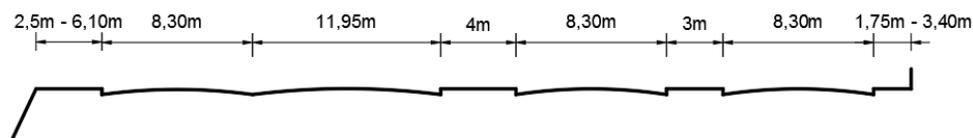


Figura 80. Esquema Sección tipo J



Figura 81. Fotografías sección J

4.1.1.12 Sección K.

Esta sección se caracteriza por tener tres parterres que dividen a las calzadas, como se puede observar en la Figura 83 se aumentó los dos carriles de la sección J pero en esta sección si existe un parterre que divide a los 5 carriles que van en dirección Valle-Quito, a ambos costados de la autopista se encuentran espacios que varían sus dimensiones seguidos por construcciones las cuales se representaron de la siguiente manera:

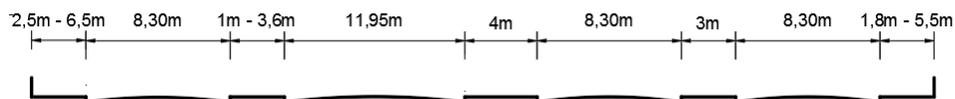


Figura 82. Esquema Sección tipo K



Figura 83. Esquema Sección tipo K

4.1.1.13 Sección L.

Esta sección se la encontró en las proximidades del puente sobre el río San Pedro, aquí solamente existe un parterre con tres carriles en la dirección Valle-Quito y tres carriles en la dirección Quito-Valle, ambas direcciones se encuentran seguidas por un muro angosto de 40 centímetros de los cuales a continuación se encuentran dos carriles de servicio a un nivel de inferior altura, a la izquierda los carriles que se dirigen a la ciudad de Quito provienen de la Av. Ilaló forman parte del intercambiador la armenia 2 sirven para descongestionar la Av. Rumiñahui en el triángulo hasta el puente 9 y a la derecha los dos carriles pertenecen al intercambiador la armenia 1 y son los que descongestionarán la entrada y salida de vehículos igualmente hasta el triángulo.

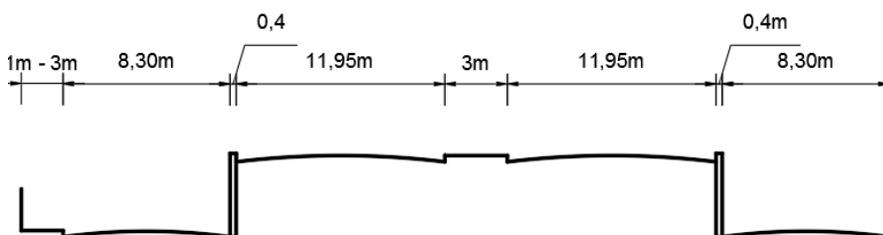


Figura 84. Esquema Sección tipo L.



Figura 85. Esquema Sección tipo L.

4.1.1.14 Sección L*

Esta sección se la encontró al cruzar el puente sobre el río San Pedro, aquí solamente existe un parterre y dos carriles en la dirección Valle-Quito y dos carriles en la dirección Quito-Valle, en esta última se encuentra seguida por un muro angosto de 40

centímetros el cual continúa con el proyecto la armenia 1 como se puede ver en la **Figura 88** carriles que se ubican por debajo del puente hacia la derecha y cruzan por debajo hacia la izquierda para desfogar los vehículos en la AGR.

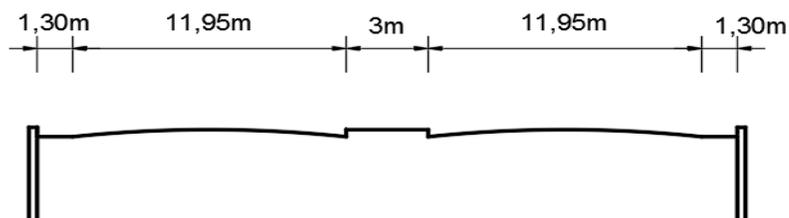


Figura 86. Esquema Sección tipo L*



Figura 87. Esquema Sección tipo L*



Figura 88. Intercambiador la armenia 1

4.1.1.15 Sección A*.

En esta sección existe un solo parterre que divide a dos carriles que se dirigen de Quito-Valle y dos carriles Valle-Quito, en esta sección el nombre de la calle cambia de Autopista General Rumiñahui a Av. General Rumiñahui porque se encuentra dentro de

una zona urbana y la velocidad es de 50km/h. en esta sección existe a ambos lados veredas que varían de 1.5 a 2 metros seguidas por construcciones de locales comerciales.

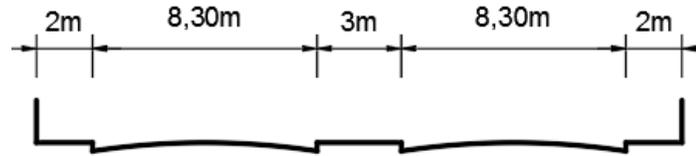


Figura 89. Esquema Sección tipo A*



Figura 90. Esquema Sección tipo A*

4.1.1.16 Pendientes

Teniendo con anterioridad la topografía del sitio del proyecto simplemente se procedió a trabajar con una herramienta de diseño como es el AutoCAD Civil 3D con la cual se realizó una superficie con las curvas de nivel y se identificaron las pendientes a lo largo de la autopista.

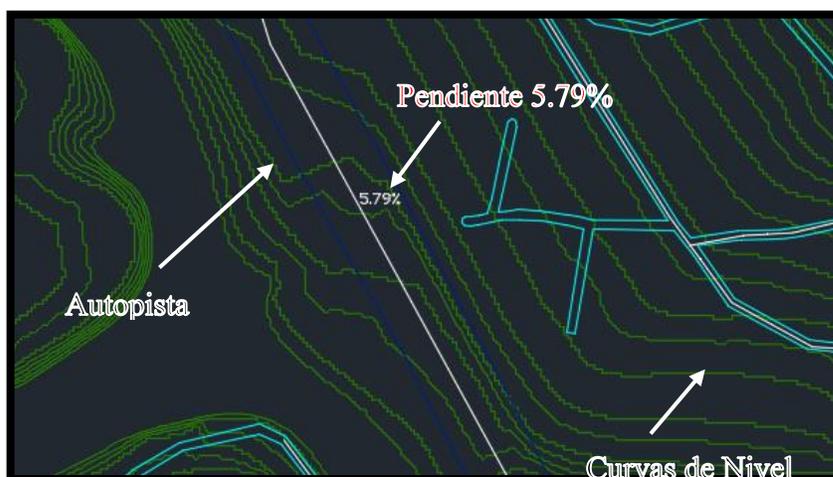


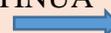
Figura 91. Obtención de la pendiente en un tramo de la autopista

Para caracterizar la autopista se la dividió por tramos ejemplo del puente 1 al puente 2 se denominó tramo 1 etc., la división de los tramos a lo largo de la autopista no dependen de la división de las secciones que se hizo anteriormente, quiere decir que en el tramo 1 puede existir varios tipos de secciones o puede existir solo un tipo de sección a lo largo de todo el tramo, a continuación se indicará en una tabla el resumen de las características encontradas en la autopista las cuales nos servirán posteriormente para dar alternativas a la ubicación de la ciclovía.

Tabla 16.
Características de la vía

TRAMO	UBICACIÓN	ABSIDADO	PENDIENTE	TIPO DE SECCIÓN
1	Puente 1 a puente 2	0+000.00 - 0+490.00	4%-10%	B
		0+490.00 - 0+600.00		C
		0+600.00 - 0+750.00		D
		0+750.00 - 1+100.00		E
CONTINÚA				➔

2	Puente 2 a puente 3	1+100.00 -	1% - 6%	E
		1+160.00		B
		1+160.00 -		
		1+270.00		E
		1+270.00 -		
		1+350.00		D
3	Puente 3 a puente 4	1+350.00 -	5% - 6%	F
		1+540.00		G
		1+540.00 -		
		2+150.00		A
		2+150.00 -		
		2+310.00		H
4	Puente 4 a puente 5	2+310.00 -	5% - 6%	I
		2+720.00		
		2+720.00 -		
5	Puente 5 a puente 6	2+930.00	5% - 6%	H
		2+930.00 -		
		3+050.00		B
6	Puente 6 a puente 7	3+050.00 -	2% - 8%	A
		3+800.00		
		3+800.00 -		
7	Puente 7 a puente 8	3+930.00	5% - 6%	B
		3+930.00 -		
		4+250.00		A
8	Puente 8 a puente 9	4+250.00 -	5% - 7%	B
		4+440.00		
		4+440.00 -		
9	Puente 9 a puente 10	4+860.00	2% - 8%	B
		4+860.00 -		
		5+020.00		E
10	Puente 10 a puente 11	5+020.00 -	5% - 7%	B
		5+210.00		
		5+210.00 -		
11	Puente 11 a puente 12	5+290.00	5% - 7%	B
		5+290.00 -		
		5+600.00		E
12	Puente 12 a puente 13	5+600.00 -	5% - 7%	B
		5+980.00		
		5+980.00 -		
13	Puente 13 a puente 14	6+080.00	CONTINÚA	E
		6+080.00 -		



8	Puente 8 a puente 9	6+080.00 - 6+260.00	1% - 3%	A
		6+260.00 - 6+500.00		D
		6+500.00 - 6+930.00		J
		6+930.00 - 7+210.00		K
9	Puente 9 a puente Farina	7+210.00 - 7+440.00	1% - 3%	K
		7+420.00 - 7+530.00		L
		7+530.00 - 7+640.00		L*
		7+640.00 - 7+830.00		L
		7+830.00 - 7+930.00		A*
10	Puente Farina al Triángulo	7+930.00 - 8+480.00	1% - 3%	A*

4.1.1.17 Planos temáticos

Un plano temático nos permite representar diferentes tipos de información que se localice en un mismo territorio, para el desarrollo del presente proyecto se elaboraron 5 planos temáticos.

En el **Anexo 1** se detallan los límites construidos (que posteriormente serán parte de las expropiaciones), naturales (formados por taludes y quebradas) y en el **Anexo 7** se detalla el plano de las pendientes encontrados a lo largo de la autopista.

Estos planos son de gran importancia para tener mejores ideas sobre el trazado de la ciclovía, nos permiten observar las limitaciones que se nos presentan y así plantear alternativas de diseño que aportarán de manera positiva o negativa a la factibilidad del proyecto.

4.1.2 Alternativas Propuestas del Trazado

A continuación se presentarán tres alternativas de rutas para la colocación de las ciclovías conformadas por un espacio para ciclistas y un espacio para peatones, conocidas también como aceras-bici para de esa manera satisfacer las necesidades descritas a continuación en la Autopista General Rumiñahui, cada una de las alternativas tendrá ventajas y desventajas.

Es importante mencionar la necesidad de construir la ciclovía en sitio propio conocido también como segregado en función de las siguientes consideraciones:

- Tráfico alto de vehículos motorizados que ponen en riesgo la seguridad de los ciclistas que circulan por la vía. Ver Figura 92.



Figura 92. Ciclista seguido por vehículos en la Av. General Rumiñahui

- Actividad profesional, no profesional, turística y movilidad cotidiana de ciclistas en el sector. Ver Figura 93.

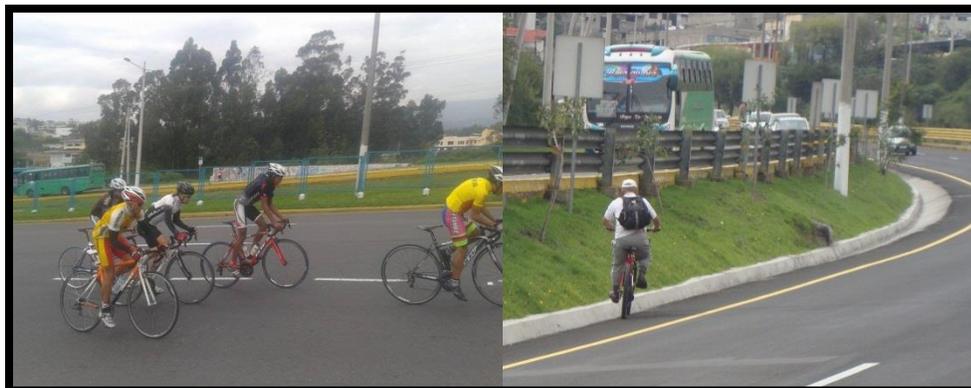


Figura 93. Ciclistas profesionales y no profesionales en la AGR

- Como un dato no cuantitativo se tiene la comprobación fotográfica de peatones que utilizan los bordes de la autopista para movilizarse entre puentes, es por eso la necesidad de crear un espacio seguro también para ellos. Ver Figura 94.



Figura 94. Peatones movilizandose por la calzada

4.1.2.1 ALTERNATIVA 1

Será aquella ruta trazada al lado izquierdo en la dirección Quito-Valle con un ancho de 5.00 metros el cual cumple con las dimensiones mínimas necesarias para ser bidireccional y con un espacio para el tránsito de peatones, incluido en esta dimensión se encuentra la distancia de mínimo 0.50 metros para la colocación de protecciones

instaladas como elementos de contención vial para la seguridad de los ciclistas, estas protecciones serán las mismas en la alternativa uno, dos y tres que se expondrán a continuación.

Más adelante se detallará el diseño geométrico horizontal y vertical de cada alternativa así como su sección típica diseñada para esta alternativa

Esta alternativa de ruta cuenta con la ventaja de tener un derecho de vía de 14 metros, espacio utilizable para ampliación de carriles o nuevos proyectos como es la propuesta de la implementación de una ciclovía.

Existe la presencia de grandes taludes y quebradas muy cercanas al borde de la autopista, a menos de un metro de distancia, lo que nos indica en el caso de taludes que se deberá llevar a cabo cortes grandes y en el caso de las quebradas se deberá realizar otro tipo de diseño de estructuras que soporten el peso de la calzada necesaria para la ciclovía como por ejemplo la implementación de muros de contención o puentes.

Esta alternativa presenta un gran limitante al encontrarse con dos intercambiadores de alta velocidad que impiden la llegada al Triángulo de la ciclovía continúa por el lado izquierdo de la AGR, que son la salida del intercambiador de la Armenia 1 Figura 96 y el intercambiador de la Armenia 2 Figura 95, se propone un segundo estudio de la ruta de la ciclovía por la Av. Amazonas la cual tiene como punto de llegada la Av. Ilaló.

En esta alternativa solo se presentarán los planos de diseño hasta el puente 9, seguida por la solución propuesta para que continúe hasta el triángulo, la cual es que crucen el puente 9 los ciclistas hacia el lado derecho de la autopista por el cual se puede continuar con la ciclovía hasta el puente que existe sobre el intercambiador la Armenia 1, detallado en la Figura 100, después del cruce de este puente se compartirá la ciclovía con peatones y luego con vehículos, todo este detalle se podrá observar en la alternativa 2 numeral 4.1.2.2.



Figura 95. Intercambiador la armenia 2

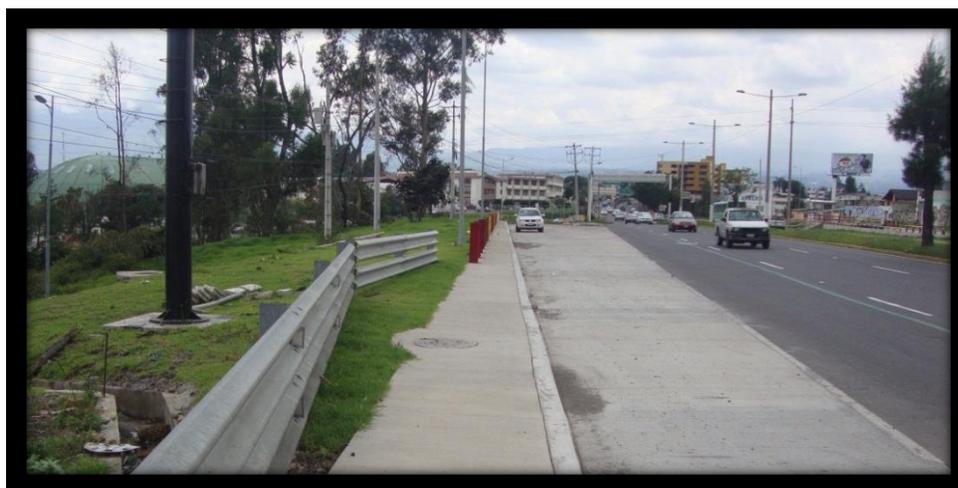


Figura 96. Salida del intercambiador la armenia 1 hacia la AGR

4.1.2.2 ALTERNATIVA 2

Será aquella ruta trazada al lado derecho en la dirección Quito-Valle con un ancho de 5.00 metros el cual cumple con las dimensiones para ser para ser bidireccional y con un espacio para el tránsito de peatones, el espacio para la colocación de las protecciones y su tipo serán semejantes a la alternativa 1.

En esta alternativa se puede evidenciar por medio de fotografías y de la topografía que el trazado de la ciclovía generaría pocos cortes y pocos rellenos ya que se

encuentra en su mayoría a nivel del terreno, generando así menos costos de movimientos de tierra.

La primera desventaja que se presenta es que no se tiene derecho de vía, es decir en esta dirección se realizó en años anteriores la ampliación de dos carriles para el tránsito de autobuses y se tiene un espacio de 10 metros como derecho de vía pero pertenecientes a los dueños de los terrenos, es decir que deben tener por obligación un retiro de 10 metros hasta sus viviendas pero que en el caso de requerirse el uso de este espacio por ampliaciones futuras de las carreteras o nuevos proyectos deben ser indemnizados.

Otra desventaja se presenta en el limitado espacio por construcciones que se encuentran en algunos de los tramos, es decir hay tramos en los cuales existen veredas de máximo dos metros de ancho siendo este todo el espacio disponible para ubicar la ciclovía, después de ese espacio se encuentran viviendas o locales comerciales imposibilitando también un posible rodeo de las construcciones porque no existen calles alternas por las cuales se pueda desviar momentáneamente la ciclovía para volver a empatar la ruta en la autopista. Todo esto lo que se evidencia con fotografías y se puede observar en el anexo 1 correspondiente al plano temático de los límites construidos.

La solución para estas limitaciones como se ha mencionado anteriormente será la expropiación de las construcciones y terrenos generando así un costo extra en esta alternativa y el malestar de la población ya que podrían ponerse en contra del proyecto dando puntos de vista negativos.

Por último la ciclovía en esta alternativa presenta un limitante para su llegada al Triángulo (punto final de nuestra propuesta), al pasar el puente 9 (dirección Quito-Valle) existe el intercambiador la armenia 1 Figura 97 el cual facilita a los conductores el desviarse por el lado derecho de la autopista y dirigirse rápidamente a otros sitios sin tener que pasar por el tráfico de la Av. General Rumiñahui, el cruce de este carril de velocidad permitida 90km/h representa un peligro para los ciclistas por lo que la ciclovía

continúa por el lado derecho pero se reduce a 3.0m que es el espacio que se tiene entre la entrada al intercambiador y la parte posterior de las viviendas Figura 98, al llegar a la absisa 7+660.00 los ciclistas deberán cruzar el puente de la Figura 100 y continuar con su trayectoria hasta el triángulo, compartiendo el espacio con peatones y vehículos.



Figura 97. Vista del intercambiador la Armenia 1



Figura 98. Espacio disponible

A partir de este cruce se propone que el parterre de 1.0 metro de ancho que existe en el puente del río San Pedro sea reducido a 0.50m, esto con motivo de ampliar la

vereda de 1.20m que existe en el puente del río San Pedro, en la Figura 102 se puede observar la sección actual y en la Figura 105 se puede ver la sección que se propone en un futuro propuesta para ciclistas a partir del puente sobre el intercambiador la Armenia 1 (Dirección Quito – Valle), todo esto para aumentar el espacio de la vereda para que los ciclistas la compartan con los peatones, obteniendo finalmente un ancho de 1.70m que luego se iguala al 1.80m que existe más adelante hasta la calle Geovanny Farina e Isla Baltra por la que ingresarán los ciclistas y la compartirán con los vehículos, la calle tiene una velocidad máxima de 50km/h y un ancho de calzada de 3.95m por lo cual se justifica la utilización de los ciclistas de un metro de ancho por el lado derecho, hasta la esquina del local comercial Pintulac punto final de la ciclovía.

A partir del puente sobre el río San Pedro la vía cambia de ser considerada como autopista y se la conoce como Avenida General Rumiñahui cambiando así las condiciones de velocidad las cuales son adaptadas a las de una vía urbana 50km/h como se puede observar en la Figura 99 por lo que se considera factible que ciclistas, peatones y vehículos compartan el espacio para su movilización, las ventajas de esta propuesta es que el espacio existe y por otro lado los intercambiadores de la Armenia 1 y 2 benefician a que existan menos vehículos que transiten por la Avenida General Rumiñahui ya que se desvían por estos intercambiadores para llegar con rapidez a sus hogares o trabajos.



Figura 99. Velocidad permitida a partir del puente sobre el río San Pedro 50km/h



Figura 100. Puente sobre el intercambiador la Armenia 1 para el cruce de ciclistas



Figura 101. Fotografía de la sección actual del puente sobre el río San Pedro

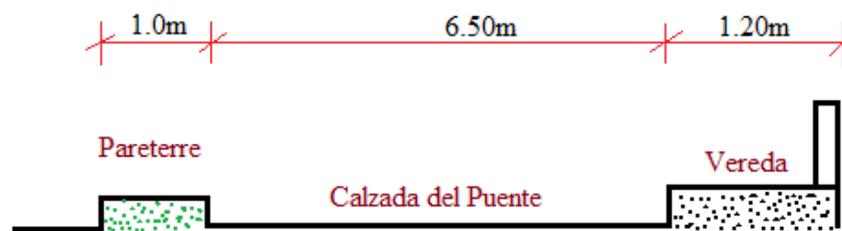


Figura 102. Esquema de la sección actual del puente sobre el río San Pedro



Figura 103. Ancho (1.20m) de la vereda del puente sobre el río San Pedro.



Figura 104. Ancho (1.0m) del parterre sobre el puente del río San Pedro

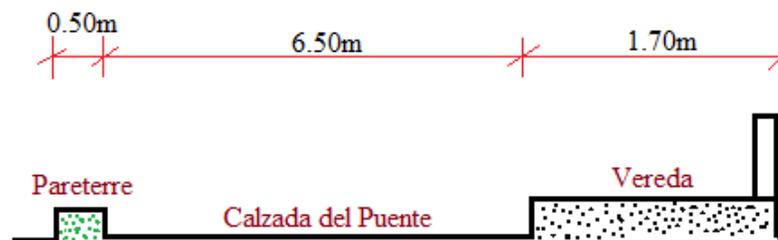


Figura 105. Detalle de la sección propuesta (Dirección Quito – Valle)

4.1.2.3 ALTERNATIVA 3

Finalmente como alternativa 3 se presenta la interacción de ambos lados de la autopista, es decir al lado izquierdo y derecho alternadamente, utilizando la información de los planos temáticos se consideró la existencia de los límites naturales y construidos al igual que el diseño de las curvas horizontales y verticales para ubicar la ciclovía en el lugar donde ocasione la menor cantidad de cortes e indemnizaciones por viviendas o locales comerciales.

Más adelante se detallará el recorrido de la ciclovía a lo largo de la autopista General Rumiñahui, considerando al igual que las anteriores alternativas un ancho de 5.00 metros bidireccional con un espacio para peatones y las protecciones debidas.

Además para esta alternativa a partir del puente 9 se ubicará la ciclovía con las mismas observaciones de la alternativa 2.

4.1.3 Obtención de la Topografía

En vista de los limitados recursos económicos no se realizó un levantamiento topográfico específico para este proyecto sino que se trabajó como se explicó anteriormente con una topografía facilitada por el ingeniero Osvaldo Padilla docente tiempo completo de la Carrera de Ingeniería Geográfica y Medio Ambiente el cual entregó las curvas de nivel y el eje de la Autopista General Rumiñahui en un archivo de autocad, este levantamiento fue realizado por la Unidad Ejecutora MAGAP – PRAT (SIGTIERRAS) desde el año 2010 hasta el 2016 el cual tiene las siguientes características: es un modelo digital del terreno (MDT) que muestra las alturas sobre el nivel medio del mar, es un producto obtenido a partir de las ortofotografías generadas por SIGTIERRAS. Cuentan con una resolución espacial de 3m para la región Sierra y una precisión altimétrica de 1,5 m, cerca de 45000 archivos TIF del trabajo realizado cubren aproximadamente el 85% de la superficie del Ecuador.

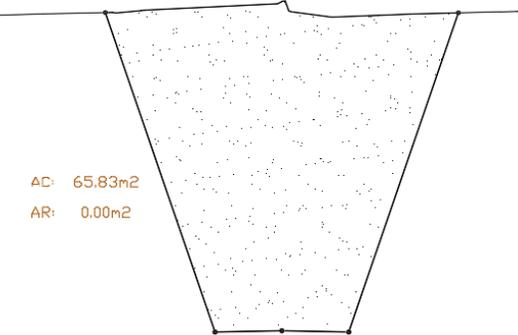
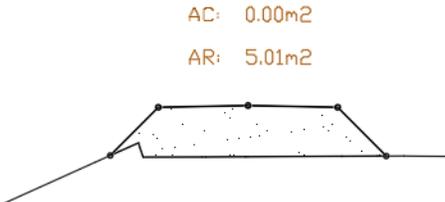
A nivel de prefactibilidad se considera el trabajar con esta topografía pero adicional para verificar que esta coincida con la observada en campo, es decir donde se ven taludes o terrenos planos en campo, se deberán obtener secciones similares en el programa con la topografía entregada, para esto se realizó la comprobación por medio de fotografías de las 15 secciones presentadas anteriormente.

Para la elaboración del diseño de las rutas se procedió primero a verificar la topografía entregada, para lo cual fue necesario ejecutar procesos que permitan garantizar la calidad de la información, tomando en consideración criterios como corrección de la topología, en las secciones donde se encuentran grandes cortes y pequeños cortes se procedió a corregir las secciones según datos de levantamientos y observaciones tomadas en campo. La recolección de estos datos se indicarán en el Anexo 16.

A continuación se presentará en forma de tablas la información resumida sobre las secciones obtenidas con la topografía tras el diseño de las dos rutas, estas secciones se comprobarán con las fotografías tomadas en campo y se concluirá si se asemeja o no la topografía con la que se trabaja a la realidad para calificar este prediseño como lo más próximo a la realidad posible.

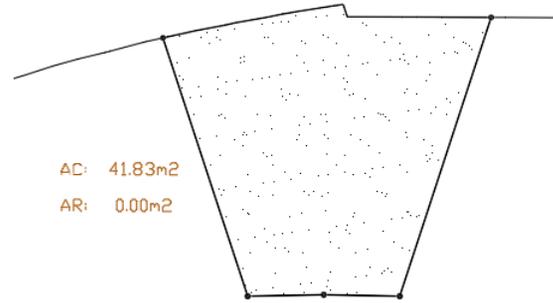
La incidencia del factor topográfico en los costos de construcción de un proyecto de Ciclovía es considerable y limitante con relación a las características del trazado horizontal, en lo referente a las alineaciones en curva y a la geometría de la sección transversal.

4.1.3.1 SECCIONES LADO IZQUIERO DIRECCIÓN QUITO – VALLE

Tramo	Tipo de Sección	Corte transversal	Fotografía	Condición
1	B	 <p>AC: 65.83m² AR: 0.00m²</p>		Si cumple
	C	 <p>AC: 0.00m² AR: 5.01m²</p>		Si cumple

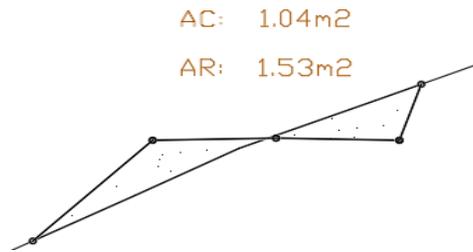
CONTINÚA 

D



Si cumple

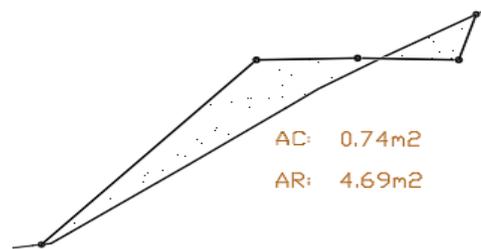
E



Si cumple

2

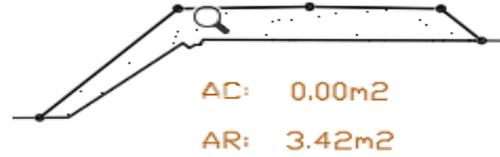
F



Si cumple

CONTINÚA 

G



Si cumple

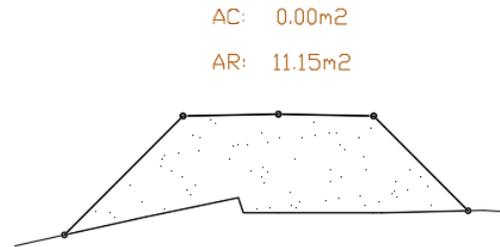
A



Si cumple

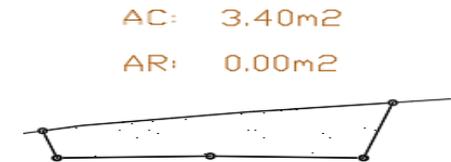
3

H



Si cumple

I

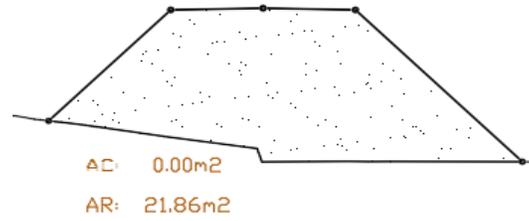


Si cumple

CONTINÚA 

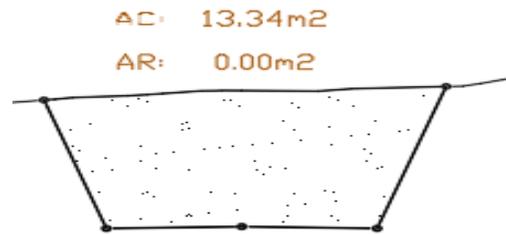
4

H



Si cumple

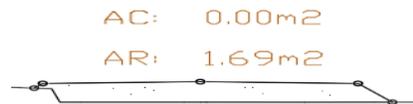
B



Si cumple

5

A

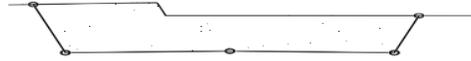


Si cumple

CONTINÚA 

B

AC: 3.85m²
AR: 0.00m²



Si cumple

A

AC: 1.85m²
AR: 0.00m²

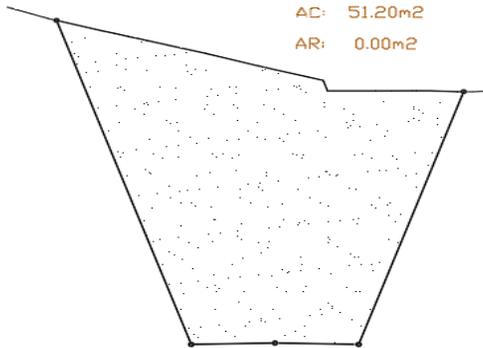


Si cumple

6

B

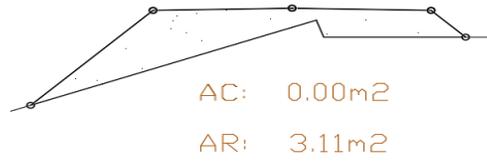
AC: 51.20m²
AR: 0.00m²



Si cumple

CONTINÚA 

E



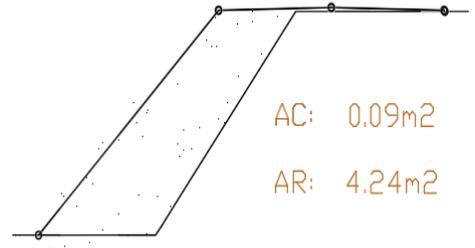
B



Si cumple

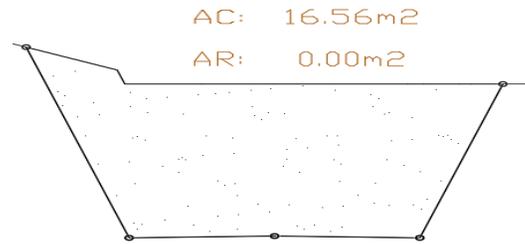
7

E



CONTINÚA 

D



Si cumple

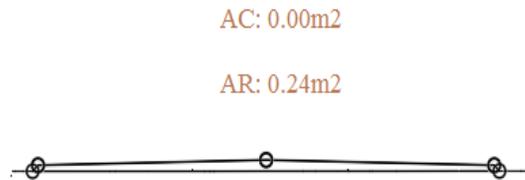
8

J



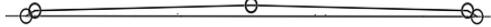
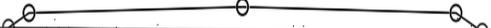
Si cumple

K

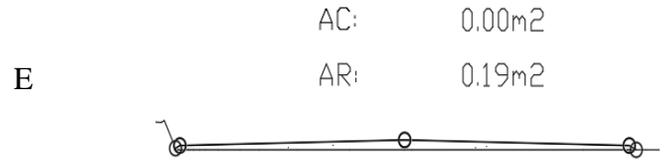


Si cumple

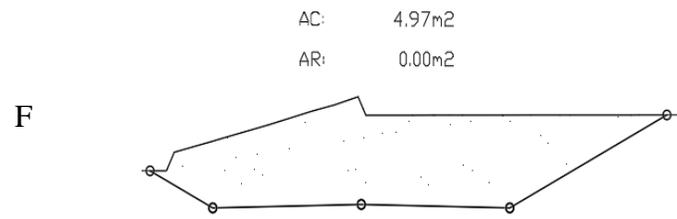
4.1.3.2 SECCIONES LADO DERECHO DIRECCIÓN QUITO – VALLE

Tramo	Tipo de Sección	Corte transversal	Fotografía	Condición
1	B	AC: 0.00m ² AR: 0.23m ² 		Si cumple
	C	AC: 0.00m ² AR: 0.50m ² 		Si cumple
	D	AC: 0.05m ² AR: 0.00m ² 		Si cumple

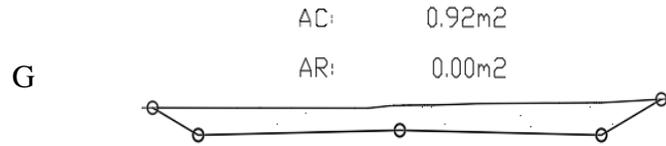
CONTINÚA 



Si cumple



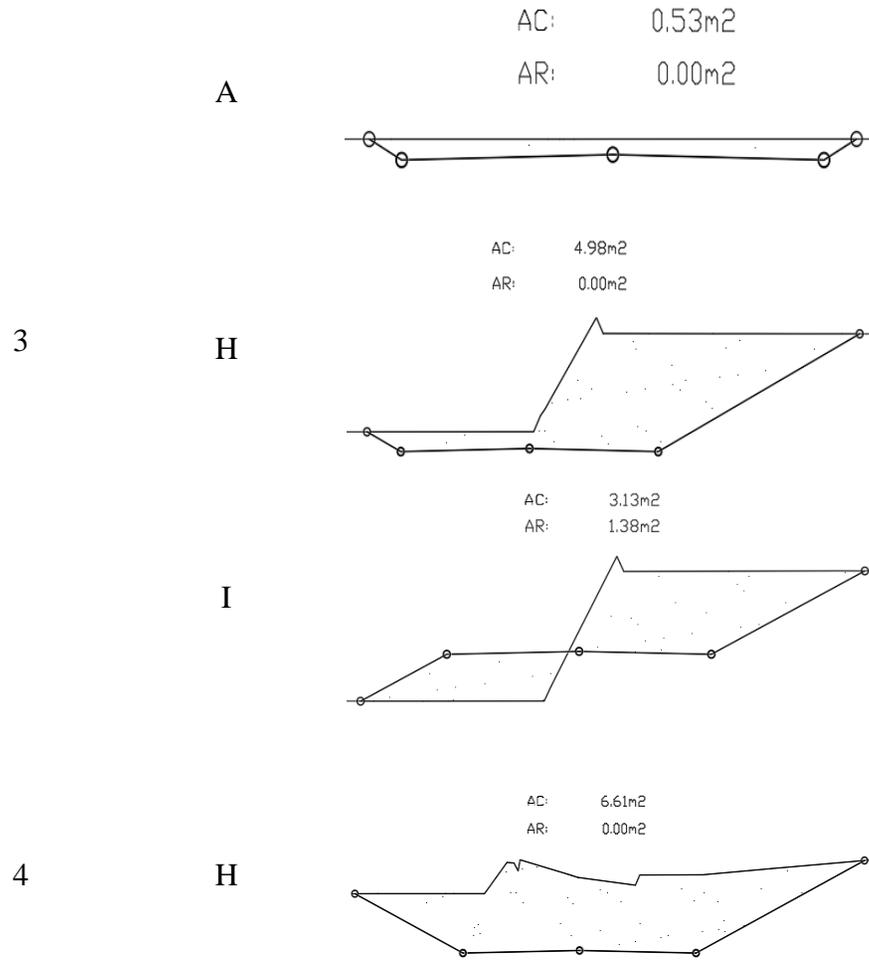
Si cumple



Si cumple

2

CONTINÚA 



Si cumple



Si cumple



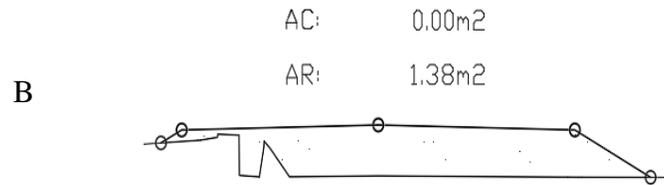
Si cumple



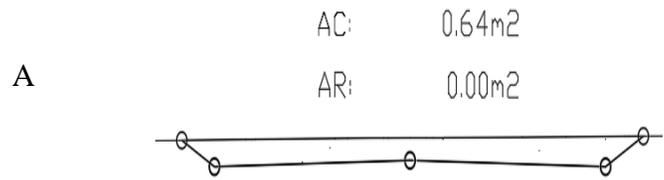
Si cumple

CONTINÚA



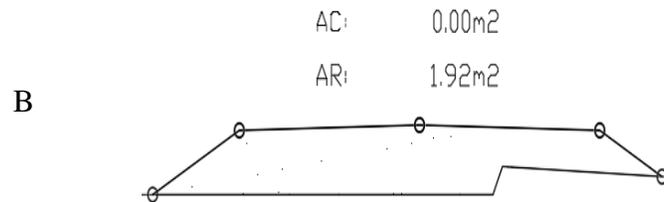


Si cumple



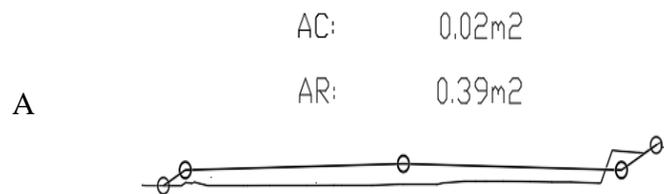
Si cumple

5



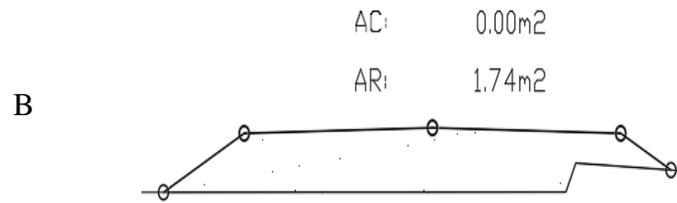
Si cumple

6

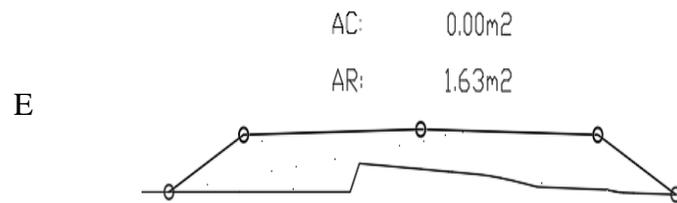


Si cumple

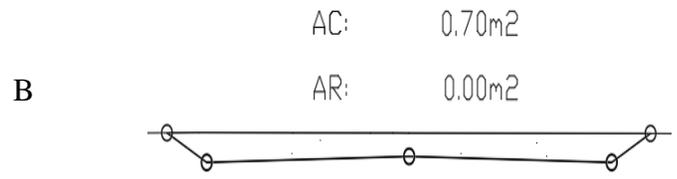
CONTINÚA 



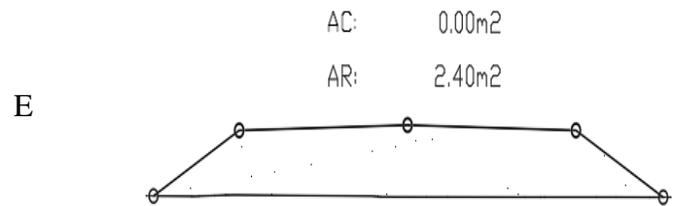
Si cumple



Si cumple



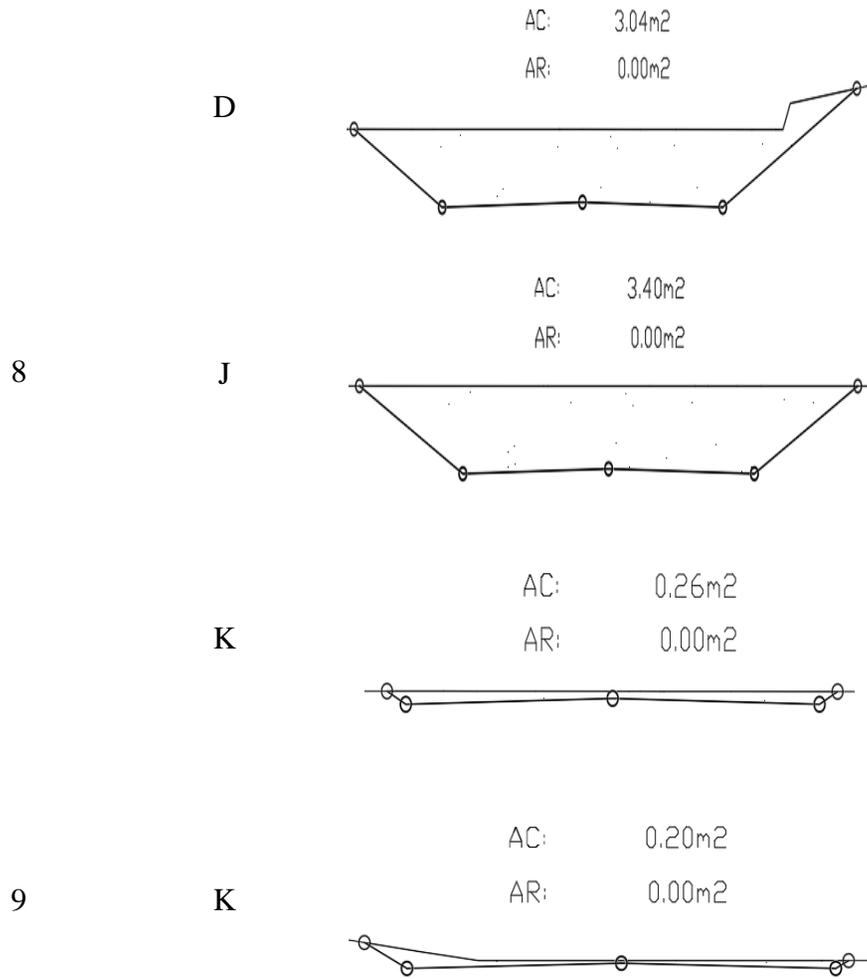
Si cumple



Si cumple

7

CONTINÚA 



Si cumple

Si cumple

Si cumple

Conclusión:

Después de verificar los cortes de las secciones con las fotografías tomadas en el mismo punto se puede concluir que es factible trabajar con esta topografía y realizar todos los demás cálculos necesarios para terminar el proyecto.

Cabe mencionar que se obtuvieron secciones cada 20 metros es decir más de 400 secciones para cada ruta, se verificaron todas las secciones con las fotografías y aquellas secciones que no coincidían se las corrigió para presentar así un resumen de cortes y rellenos más real; en las tablas anteriores solo se indica un resumen de todo el proceso realizado.

4.1.4 Diseño geométrico preliminar

Se tomó en cuenta la siguiente información general inicial para el diseño de la ciclovía

- Determinación del origen y destino
- Condiciones existentes
- Área de influencia
- Densidad Poblacional
- Capacidad de servicio de la ciclovía
- Volumen del tráfico de ciclistas, peatones y conductores
- Topografía
- Pendientes longitudinales

Datos Importantes

- El principal aspecto a ser tomado en el proyecto es la localización del eje de la ciclovía, como se ha explicado anteriormente se formuló tres posibles alternativas de rutas, una por el lado izquierdo, otra por el lado derecho y la última por ambos

lados de la Autopista General Rumiñahui alternada, entre el tramo: Puente 1 - Triángulo.

- Con respecto al diseño de las curvas horizontales, se ha adaptado el Proyecto al trazado existente de la Autopista General Rumiñahui para en lo posible evitar grandes movimientos de tierras.
- Se ha dotado al trazado horizontal de curvas en su mayoría circulares por tratarse de radios amplios, las cuales facilitan el desarrollo del peralte y mantienen al ciclista en su trayectoria con un amplio grado de comodidad.
- Respecto al trazado vertical, igualmente se ha adaptado a la topografía existente, considerando como referencia el nivel del terreno.

La definición de las rutas se realizó mediante observación directa en campo de las necesidades, del espacio disponible y de los limitantes, también se utilizó los sistemas de información geográfica, el análisis fotográfico y la obtención de datos previos de planeación urbana y transporte del cantón Rumiñahui y del cantón Quito. Se debe tener en cuenta que el trazado de estas rutas preliminares son para una ciclovía permanente con su carril exclusivo apartado de la circulación de vehículos motorizados, su objetivo principal es ser utilizarla como medio de transporte ya sea caminando o en bicicleta entre los puentes pertenecientes a la autopista y hasta el sector comercial conocido como el Triángulo ubicado en la parroquia San Rafael del cantón Rumiñahui.

Para que la circulación se produzca en condiciones de comodidad y seguridad tanto para ciclistas y peatones se consideró las dimensiones mínimas necesarias que permitan su tránsito. Secciones que se detallarán más adelante.

En el volumen 1 de la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12) nos dice lo siguiente en su libro A volumen 2: en la etapa de Prefactibilidad se procede a realizar la recopilación de antecedentes y los estudios de base necesarios para conocer las características del espacio físico en el cual se emplazarán las distintas soluciones para las cuales se definen sus características físicas y operacionales a nivel de esquemas pre - preliminares.

Para el análisis técnico se debe analizar primero la topografía, el estudio de tráfico, diseño y dibujo de proyecto horizontal y vertical, movimiento de tierras, coordinación urbana, diseño de secciones tipos, análisis de expropiaciones y reposiciones además del estudio de impacto ambiental.

4.1.4.1 Sección Típica

Para las tres alternativas la sección típica propuesta será la misma. A partir del cruce de la entrada del intercambiador la Armenia 1 ubicado al lado derecho (dirección Quito-Valle) la sección cambia de 5.0 metros a 1.2 metros. A continuación se detallarán las secciones hasta el puente 9 y a partir del puente 9 al triángulo la ciclovía pasa a ser combinada con peatones y con vehículos.

Esta sección fue adoptada para comodidad de los usuarios y con una proyección futura de 35.476 usuarios los cuales corresponden al 70% de la población que estuvieron de acuerdo con la implementación del proyecto, se estima que con un infraestructura segura para transportarse a pie o en bicicleta se movilizarán alrededor de 5000 personas al día presentando otra razón para justificar las dimensiones escogidas.

Tabla 17. Tráfico de Bicicletas en ciudades No planificadas

CICLORUTA	Volumen Flujos
Segregada (Ciclovía)	>2000 bici/día
Compartida (ciclobanda)	
Bulevar (ciclocalle)	1000 – 2000 bici/día

Fuente: (CROW, 2006)

- Características de la ciclovía puente 1 – puente 9
Ancho de carril: 2 de 1.50m c/u
Pendiente transversal: 2%

Ancho Vereda: 1.0m
 Espacio para protecciones: 0.40m
 Cuneta lateral libre: 0.60m
 Carpeta Asfáltica: 5cm
 Base Clase 2: 20cm

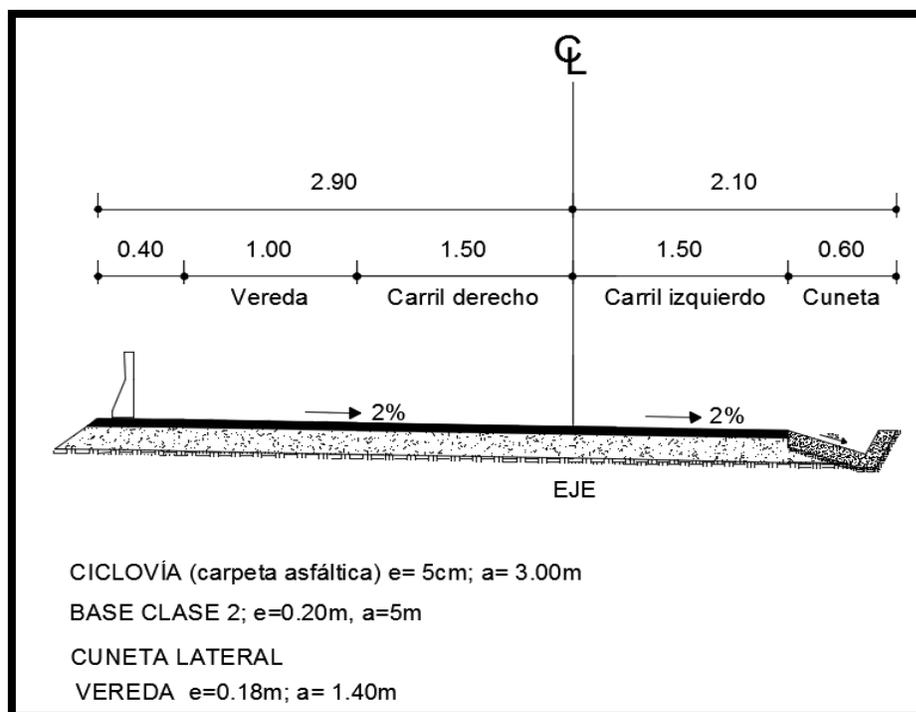


Figura 106. Sección Típica – alternativa 1
 Vista en dirección Valle - Quito

Los anchos tomados en cuenta para la propuesta de la ciclovía fueron considerando el documento realizado por el INEN denominado “Anteproyecto de reglamento de ciclovías” detallado en el capítulo 2 numeral 2.4.2, al igual que los espesores de la carpeta asfáltica explicados en el numeral 3.1.4.2 de este documento.

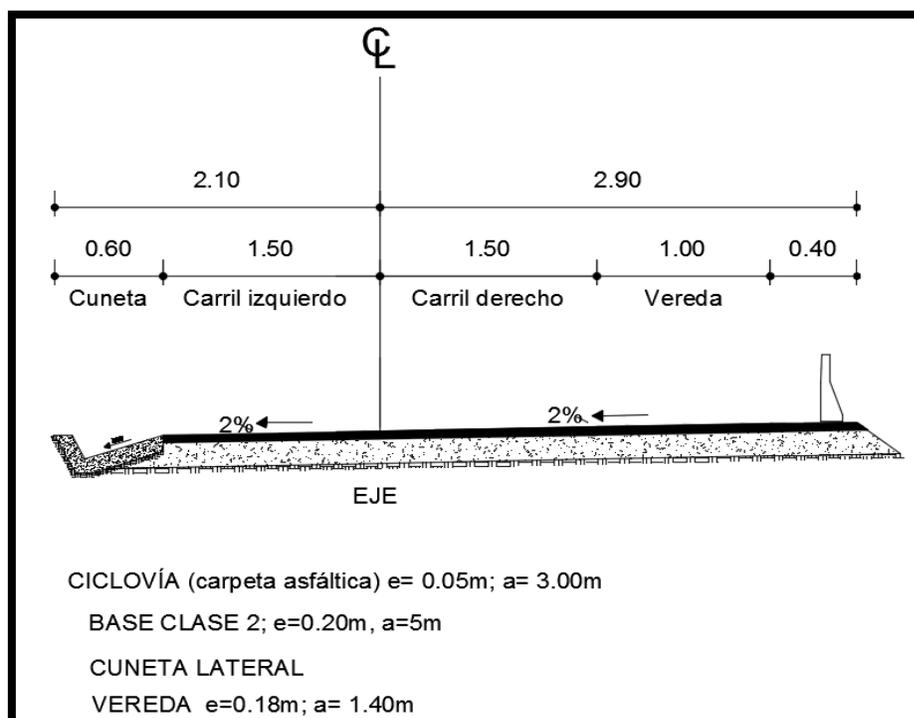


Figura 107. Sección Típica – alternativa 2

Vista en dirección Quito - Valle

- Características de la ciclovía puente 9 – Triángulo

A partir del cruce del puente sobre el intercambiador la Armenia 1 indicado en la Figura 100 hasta la calle Geovanny Farina el ancho del carril para los ciclistas será el 1.2m que corresponde a la vereda existente hasta el puente farina, este ancho se compartirá para ciclistas y peatones.

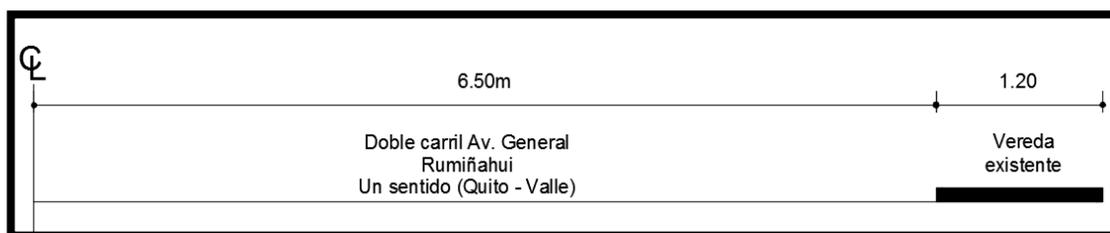


Figura 108. Sección Típica/Km 7+660.00 - Km 7+940.00

A partir del puente del colegio Farina la ruta propuesta para los ciclistas es la calle Geovanny Farina seguida por la calle Isla Baltra, que será un espacio compartido con vehículos, se trata de dos calles de baja velocidad ya que en su mayoría han sido diseñadas para el acceso de los dueños de casa que viven a su alrededor como se podrá observar en la Figura 109 y 110.



Figura 109. Calle Geovanny Farina



Figura 110. Calle Isla Baltra

4.1.4.2 Pavimento

Para este diseño como ejemplo se ha considerado los espesores del pavimento mínimo consultadas en base a las experiencias en la construcción de Ciclovías en otros países y normas; tomando en cuenta que las cargas que van actuar sobre la estructura básicamente son:

- Carga dinámica (ciclista, bicicleta, vehículos por mantenimiento)
- Carga estática (peso propio de la estructura)

4.1.4.3 Diseño Horizontal

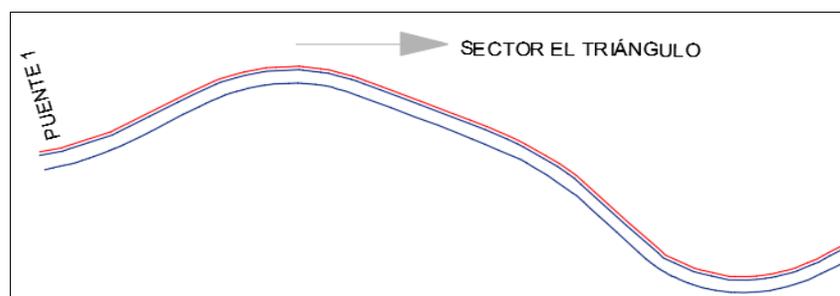
Los parámetros de diseño geométrico requeridos para una ciclovía segregada están descritos de acuerdo a las especificaciones técnicas del manual de Diseño de Ciclorutas de Bogotá elaborado por el instituto de Desarrollo Urbano de la Alcaldía de Bogotá en el capítulo dos de este proyecto.

Tratándose de un estudio de prefactibilidad se tomó como se mencionó anteriormente una topografía existente y se trazó un alineamiento paralelo a ambos lados del eje de la autopista, vinculándola así a los pobladores del sector.

Una vez identificados los puntos por donde se requiere que atraviese la ciclovía, en oficina se trazan alineaciones longitudinales tangentes paralelas al eje de la autopista pasando por dichos puntos mediante el uso del programa vial AUTOCAD CIVIL 3D 2017, cuyas intersecciones permitirán obtener el ángulo de deflexión (Alfa), con el cual por medio de tanteos con diferentes radios de curvatura y bajo las especificaciones técnicas de diseño permite localizar el eje de las curvas horizontales y a la vez calcular los diversos elementos de las curvas circulares; de tal forma que se reúna las mejores características, optimizando el trazado geométrico y permitiéndonos obtener el diseño horizontal preliminar de la Ciclovía.

4.1.4.3.1 Alternativa 1

Como se explicó anteriormente es la alternativa de ruta trazada por el lado izquierdo de la autopista en el tramo: Puente 1 – Puente 9.



Características:

Tabla 18. Valores de Elementos Básicos

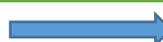
Velocidad de Diseño	40km/h
Radio mínimo de curvatura	5m
Peralte	2%

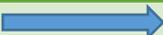
Se propone una ciclovía bidireccional de 3.0 metros de ancho, espacio suficiente para la circulación de un ciclista en cada sentido y el arrebazamiento de otro, adicional se considera un metro para el tránsito cómodo y seguro de peatones, es decir que se diseñó una acera-bici en la cual compartirán el espacio ciclistas y peatones, separados únicamente por una señal en el pavimento o un distintivo de color en la superficie del espacio destinados para ciclistas y el espacio destinado para peatones. Las protecciones a utilizarse serán las protecciones laterales de hormigón las cuales ocuparán únicamente el espacio de 0.50m para su colocación

En la tabla 19 se detalla los elementos de las curvas horizontales diseñadas para la alternativa uno que se podrán observar a detalle en el anexo 8 correspondiente al diseño horizontal y detalles de la sección típica explicada anteriormente.

Tabla 19: Elementos de Curvas Horizontales – Alternativa 1

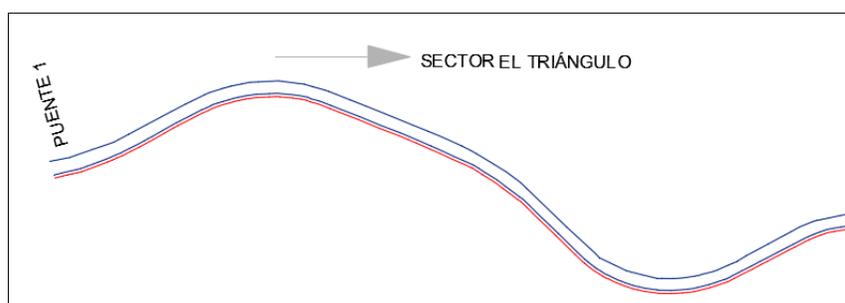
N° Curva	Radio (m)	LC	PI	PC	PT
C1	400	39.22	0+060.53	0+040.90	0+80.12

CONTINÚA 

C2	1045	226.65	0+206.91	0+93.14	0+319.79
C3	560	503.52	0+718.83	0+448.62	0+952.13
C4	950	366.89	1+466.40	1+280.64	1+647.53
C5	375	460.37	2+122.88	1+858.65	2+319.02
C6	277.27	41.47	2.163.45	2+142.68	2+187.22
C7	29	45.19	2+311.12	2+282.48	2+344.76
C8	4	4.43	2+321.24	2+318.78	2+325.70
C9	4	6.22	2+330.52	2+325.58	2+336.46
C10	60	27.26	2+363.12	2+349.25	2+379.99
C11	65.95	26.30	2+385.14	2+371.81	2+401.47
C12	50	17.88	2+436.31	2+427.28	2+448.34
C13	375	564.56	2+938.79	2+587.51	3+152.07
C14	335	777.50	4+026.55	3+256.50	4+034.00
C15	1730	282.83	5+004.55	4+862.82	5+145.65
C16	465	404.84	5+862.95	5+646.69	6+051.53
C17	35	17.09	6+182.13	6+173.41	6+193.85
C18	65	30.65	6+198.75	6+183.14	6+217.36
C19	80	38.71	6+245.12	6+225.38	6+267.86
C20	30	43.77	6+339.12	6+312.30	6+369.94
C21	4	5.55	6+351.78	6+348.45	6+357.11
C22	4	5.71	6+360.17	6+356.70	6+365.64
C23	73	33.93	6+381.23	6+363.95	6+400.51
C24	475	77.89	6+548.56	6+509.53	6+591.59
C25	75	16.75	6+595.71	6+587.30	6+608.12
C26	2300	445.56	7+023.36	6+812.28	7+210.45
C27	2300	441.37	7+440.01	7+219.32	7+660.68
CONTINÚA 					

4.1.4.3.2 Alternativa 2

Como se explicó anteriormente es la alternativa de ruta trazada por el lado derecho de la autopista en el tramo: Puente 1 - Triángulo



Las características de la alternativa 1 son las mismas para esta alternativa y a continuación se presenta la tabla 20 con los valores de las curvas circulares trazadas para esta ruta.

En el anexo 9 se podrá observar los planos pertenecientes al diseño horizontal y sección diseñada para esta alternativa.

Tabla 20. Elementos de Curvas Horizontales – Alternativa 2

N° Curva	Radio (m)	LC	PI	PC	PT
C1	400	55.50	0+094.68	0+066.86	0+122.41
C2	1045	134.98	0+236.88	0+169.30	0+304.28
C3	490	437.15	0+715.30	0+480.97	0+918.12
C4	935	357.21	1+466.17	1+285.35	1+642.57
C5	410	508.39	2+128.89	1+836.20	2+344.59
C6	85	90.13	2+303.50	2+253.68	2+355.32
C7	7.50	9.54	2+325.60	2+320.06	2+334.14

CONTINÚA 

C8	5	8.92	2+334.80	2+328.60	2+344.00
C9	34	30.68	2+345.60	2+329.13	2+365.07
C10	128	19.78	2+375.24	2+365.33	2+393.15
C11	18	12.58	2+396.40	2+389.84	2+410.96
C12	315	455.12	2+888.10	2+610.47	3+065.60
C13	365	815.16	3+983.34	3+235.65	4+050.81
C14	2335	437.91	5+058.05	4+838.45	5+276.36
C15	510	484.68	5+909.01	5+646.62	6+131.30
C16	25	10.46	6+207.25	6+201.94	6+215.56
C17	55	48.54	6+242.53	6+216.55	6+274.51
C18	7.50	11.39	6+345.42	6+338.30	6+354.54
C19	7.50	9.75	6+360.76	6+355.06	6+368.46
C20	90	49.21	6+380.71	6+355.17	6+409.25
C21	20	30.81	6+468.45	6+449.04	6+492.86
C22	45	99.08	6+498.33	6+409.73	6+596.93
C23	20	26.44	6+558.63	6+543.08	6+578.18
C24	60	14.87	6+591.64	6+584.17	6+602.11
C25	29350	697.09	7+261.36	6+912.80	7+609.88

4.1.4.3.3 Alternativa 3

En esta alternativa se escogió los tramos por los que se encuentran menos conflictos como taludes muy altos, rellenos, o expropiaciones. No quiere decir que no existan sino que su cantidad es menor.

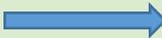
El diseño horizontal de la ciclovia propuesto para esta alternativa se indicará en el anexo 10, como resumen se presenta en el sentido Quito – Valle el recorrido de la ciclovia:

Por la derecha	Por la izquierda
Puente 1 – puente 2	Puente 2 – puente 6
Puente 6 – triángulo	

El diseño de la alternativa 3 tiene las mismas características de la alternativa 1 y 2 al pasar por los mismo lugares, en la tabla 21 se presentan las siguientes curvas del diseño para esta alternativa.

Tabla 21. Elementos de Curvas Horizontales – Alternativa 3

N° Curva	Radio (m)	LC	PI	PC	PT
C1	400	55.50	0+094.68	0+066.86	0+122.41
C2	1045	134.98	0+236.88	0+169.30	0+304.28
C3	490	437.15	0+715.30	0+480.97	0+918.12
C4	950	366.89	1+466.40	1+280.64	1+647.53
C5	375	460.37	2+122.88	1+858.65	2+319.02
C6	277.27	41.47	2.163.45	2+142.68	2+187.22
C7	29	45.19	2+311.12	2+282.48	2+344.76
C8	4	4.43	2+321.24	2+318.78	2+325.70
C9	4	6.22	2+330.52	2+325.58	2+336.46
C10	60	27.26	2+363.12	2+349.25	2+379.99
C11	65.95	26.30	2+385.14	2+371.81	2+401.47
C12	50	17.88	2+436.31	2+427.28	2+448.34
C13	375	564.56	2+938.79	2+587.51	3+152.07
C14	2335	437.91	5+058.05	4+838.45	5+276.36

CONTINÚA 

C15	510	484.68	5+909.01	5+646.62	6+131.30
C16	25	10.46	6+207.25	6+201.94	6+215.56
C17	55	48.54	6+242.53	6+216.55	6+274.51
C18	7.50	11.39	6+345.42	6+338.30	6+354.54
C19	7.50	9.75	6+360.76	6+355.06	6+368.46
C20	90	49.21	6+380.71	6+355.17	6+409.25
C21	20	30.81	6+468.45	6+449.04	6+492.86
C22	45	99.08	6+498.33	6+409.73	6+596.93
C23	20	26.44	6+558.63	6+543.08	6+578.18
C24	60	14.87	6+591.64	6+584.17	6+602.11
C25	29350	697.09	7+261.36	6+912.80	7+609.88

4.1.4.4 Diseño Vertical

El diseño vertical es la proyección del eje sobre el plano vertical las tangentes se enlazan por curvas verticales las cuales fueron adaptadas en base a las condiciones topográficas del terreno, de tal forma que el nuevo diseño se acople a la topografía existente.

Para el diseño vertical de ambas alternativas se siguió lo más de cerca la trayectoria del terreno para tener la menor cantidad de cortes y rellenos posibles, pero al tratarse de una topografía en un terreno montañoso nos encontramos con pendientes en algunos tramos mayores al 8%, todo esto se podrá observar en los anexos correspondientes donde se presentan los planos del diseño vertical y en las tablas que se presentará a continuación con un resumen de las pendientes utilizadas por Km para el diseño vertical

4.1.4.4.1 Alternativa 1

Tabla 22. Gradientes longitudinales

TRAMO		GRADIENTE
0+000.00	0+107.03	4.35%
0+107.03	0+529.03	6.89%
0+529.03	0+674.86	0.87%
0+674.86	0+863.56	7.89%
0+863.56	0+955.63	1.57%
0+955.63	1+073.66	10.37%
1+073.66	1+284.30	1.71%
1+284.30	2+343.69	6.00%
2+343.69	2+750.95	5.64%
2+750.95	3+694.02	5.09%
3+694.02	4+288.51	6.72%
4+288.51	5+251.01	5.39%
5+251.01	5+945.40	5.23%
5+945.40	6+212.14	6.43%
6+212.14	7+192.27	4.17%
7+192.27	7+854.43	0.78%
7+854.43	8+420.00	2.50%

Las longitudes mínimas para las curvas verticales en ciclovías están especificadas en el capítulo 2 dependen de la velocidad y de la diferencia algebraica entre pendientes, en el anexo 8 se presentarán los planos correspondientes al diseño vertical de la alternativa uno y a continuación se detalla los elementos de las curvas verticales.

Tabla 23. Elementos de Curvas Verticales – Alternativa 1

N° Curva	K	LC	PI	PC	PT
C1	62.94	160.00	0+027.03	0+107.03	0+187.03
C2	26.59	160.00	0+449.03	0+529.03	0+609.03
C3	17.81	125.07	0+612.32	0+674.86	0+737.39
C4	25.32	160	0+783.56	0+863.56	0+943.56
C5	2.61	22.94	0+944.16	0+955.63	0+967.10
C6	18.46	160	0+993.66	1+073.66	1+153.66

CONTINÚA 

C7	37.27	160	1+204.30	1+284.30	1+364.30
C8	43.88	160	2+263.69	2+343.69	2+423.69
C9	289.93	160	2+670.95	2+750.95	2+830.95
C10	98.18	160	3+614.02	3+694.02	3+774.02
C11	120.31	160	4+208.51	4+288.51	4+368.51
C12	1045.25	160	5+171.01	5+251.01	5+331.01
C13	133.94	160	5+865.40	5+945.40	6+025.40
C14	70.81	160	6+132.14	6+212.14	6+292.14
C15	47.26	160	7+112.27	7+192.27	7+272.27
C16	277.97	160	7+600.07	7+680.07	7+760.07
C17	48.37	160	7+804.96	7+884.96	7+964.96

4.1.4.4.2 Alternativa 2

Tabla 24. Gradientes longitudinales

TRAMO		GRADIENTE
0+000.00	0+141.57	5.59%
0+221.57	0+693.06	5.10%
0+693.06	0+824.14	9.66%
0+824.14	1+032.03	3.61%
1+032.03	1+292.60	4.41%
1+292.60	1+940.70	6.03%
1+940.70	2+512.35	5.68%
2+512.35	3+011.67	5.33%
3+011.67	3+503.31	5.55%
3+503.31	3+960.16	5.87%
3+960.16	4+571.76	5.96%
4+571.76	5+063.75	3.87%
5+063.75	5+282.59	8.17%
5+282.59	5+465.64	3.15%
5+465.64	5+991.42	6.91%
5+991.42	6+223.39	6.10%
6+223.39	6+397.39	1.52%
6+397.39	7+173.13	4.43%
7+173.13	7+680.07	1.15%
7+680.07	7+884.96	0.58%
7+884.96	8+420.00	2.73%

En el anexo 9 se presentará el diseño vertical para la alternativa dos y a continuación se detalla los elementos de las curvas verticales.

Tabla 25. Elementos de Curvas Verticales – Alternativa 2

N° Curva	K	LC	PI	PC	PT
C1	328.79	160	0+061.57	0+141.57	0+221.57
C2	35.09	160	0+613.06	0+693.06	0+773.06
C3	11.57	70	0+789.14	0+824.14	0+859.14
C4	201.18	160	0+952.03	1+032.03	1+112.03
C5	98.81	160	1+212.60	1+292.60	1+372.60
C6	456.09	160	1+860.70	1+940.70	2+020.70
C7	461.61	160	2+432.35	2+512.35	2+592.35
C8	722.61	160	2+931.67	3+011.67	3+091.67
C9	501.61	160	3+423.31	3+503.31	3+583.31
C10	1815.09	160	3+880.16	3+960.16	4+040.16
C11	76.57	160	4+491.76	4+571.76	4+651.76
C12	37.18	160	4+983.75	5+063.75	5+143.75
C13	27.90	140	5+212.59	5+282.59	5+352.59
C14	42.58	160	5+385.64	5+465.64	5+545.64
C15	197.59	160	5+911.42	5+991.42	6+071.42
C16	34.92	160	6+143.39	6+223.39	6+303.39
C17	54.89	160	6+317.39	6+397.39	6+477.39
C18	48.76	160	7+093.13	7+173.13	7+253.13
C19	277.97	160	7+600.07	7+680.07	7+760.07
C20	48.37	160	7+804.96	7+884.96	7+964.96

4.1.4.4.3 Alternativa 3

Tabla 26. Gradientes longitudinales

TRAMO	GRADIENTE
0+000.00 0+141.57	5.59%
0+221.57 0+693.06	5.10%
0+693.06 0+824.14	9.66%
0+824.14 1+032.03	3.61%
1+032.02 1+284.30	1.71%
1+284.30 2+343.69	6.00%
2+343.69 2+750.95	5.64%

CONTINÚA 

2+750.95	3+694.02	5.09%
3+694.02	5+063.75	6.72%
5+063.75	5+282.59	8.17%
5+282.59	5+465.64	3.15%
5+465.64	5+991.42	6.91%
5+991.42	6+223.39	6.10%
6+223.39	6+397.39	1.52%
6+397.39	7+173.13	4.43%
7+173.13	7+680.07	1.15%
7+680.07	7+884.96	0.58%
7+884.96	8+420.00	2.73%

En el anexo 10 se presentará el diseño vertical para la alternativa tres y a continuación se detalla los elementos de las curvas verticales.

Tabla 27. Elementos de Curvas Verticales – Alternativa 3

N° Curva	K	LC	PI	PC	PT
C1	328.79	160	0+061.57	0+141.57	0+221.57
C2	35.09	160	0+613.06	0+693.06	0+773.06
C3	11.57	70	0+789.14	0+824.14	0+859.14
C4	201.18	160	0+952.03	1+032.03	1+112.03
C6	18.46	160	0+993.66	1+073.66	1+153.66
C7	37.27	160	1+204.30	1+284.30	1+364.30
C8	43.88	160	2+263.69	2+343.69	2+423.69
C9	289.93	160	2+670.95	2+750.95	2+830.95
C10	98.18	160	3+614.02	3+694.02	3+774.02
C12	37.18	160	4+983.75	5+063.75	5+143.75
C13	27.90	140	5+212.59	5+282.59	5+352.59
C14	42.58	160	5+385.64	5+465.64	5+545.64
C15	197.59	160	5+911.42	5+991.42	6+071.42
C16	34.92	160	6+143.39	6+223.39	6+303.39
C17	54.89	160	6+317.39	6+397.39	6+477.39
C18	48.76	160	7+093.13	7+173.13	7+253.13
C19	277.97	160	7+600.07	7+680.07	7+760.07
C20	48.37	160	7+804.96	7+884.96	7+964.96

4.1.5 Diseño Hidráulico

El diseño de un sistema de drenaje para ciclovías es similar al de las vías por lo que a continuación se citarán fórmulas y procedimientos dados por la Norma de Diseño Geométrico 2003 en el Capítulo IX DRENAJE VIAL.

El drenaje en un proyecto vial es de suma importancia porque cumple con las siguientes funciones:

- Desalojar el agua de lluvias que cae sobre la calzada del proyecto
- Interceptar el agua que se escurre por la calzada
- Conducir el agua de forma controlada

Existen dos tipos de drenaje, el longitudinal que está formado por cunetas o canales de encauzamiento y el transversal formado por las alcantarillas.

4.1.5.1 Drenaje transversal

Como drenaje transversal se determinó que las alcantarillas del Proyecto de la Ciclovía corresponderán a las alcantarillas existentes en la Autopista General Rumiñahui, que actualmente cumplen su función de drenaje también para las pocas aceras existentes en la AGR y las cuales se asemejan en el ancho propuesto para la ciclovía.

Estas alcantarillas encontradas a lo largo de toda la AGR se encuentran distribuidas de la siguiente manera y tienen la siguiente forma:



Figura 111. Entrada de Alcantarilla cuadrada



Figura 112. Entrada de Alcantarilla circular

Estas entradas se encuentran ubicadas en los parterres de la AGR de la siguiente manera: en dirección Valle Quito de izquierda a derecha se encuentra la entrada de alcantarilla cuadrada y en el siguiente parterre la entrada de alcantarilla circular.



Figura 113. Ubicación de las entradas de alcantarillas en la AGR

Fuente: google earth

Tabla 28. Ubicación de las alcantarillas a lo largo de la AGR

TRAMO	N° de Alcantarillas	Distancia entre alcantarillas
Puente 1 - 2	4	275 m
Puente 2 - 3	5	242 m
Puente 3 - 4	4	183 m
Puente 4 - 5	3	540 m
Puente 5 - 6	5	186 m
Puente 6 - 7	3	254 m
Puente 7 - 8	2	230 m
Puente 8 - 9	2	565 m

En los bordes de la AGR se encuentran unos desfogues que descargan el agua recolectada de las cunetas laterales y de las calzadas directamente a las quebradas pero también existen entradas cuadradas de alcantarillas similares a las detalladas anteriormente.



Figura 114. Desfogues de cunetas laterales a quebradas o alcantarillas

4.1.5.2 Drenaje Longitudinal Superficial

Las cunetas de la ciclovía se diseñarán tomando el tramo más crítico en pendiente y área de recolección de aguas superficiales, se considera que al cumplir para estas condiciones el diseño cumplirá para todos los tramos de la autopista, adaptando así la misma sección tipo de la cuneta a lo largo del proyecto.

Se consideró que las cunetas existentes en la vía son las encargadas de recolectar el agua que escurre de los taludes por ese motivo se diseña la cuneta únicamente para la captación del agua de la calzada de la ciclovía.

Para el cálculo del área que aporta a la cuneta se calculó de la siguiente manera:

$$A = bxL \quad (6)$$

Dónde:

b= distancia entre alcantarillas (m) en este caso distancia entre subdrenes transversales

L= ancho de la ciclovía

$$A = 565m * 5m$$

$$A = 2825m^2 = 0.28ha$$

El tiempo de concentración se calcula con la fórmula de California Curve Practice o conocida también como kirpich que es una de los varios métodos que existen.

Tiempo de concentración de la ciclovía

$$T_c = 0.020 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0.385} \quad (7)$$

$$T_c = 0.020 \left(\frac{565^3}{34} \right)^{0.385}$$

$$T_c = 7.77 \text{ min}$$

$$T_c = 10 \text{ min}$$

Donde:

L: longitud del cauce principal en metros

ΔH : desnivel en metros

T_c : tiempo de concentración en minutos

Para la determinación de la intensidad de la precipitación se aplicaron directamente las ecuaciones definidas por el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología del Ecuador (INAMHI) del año 1999. Estas ecuaciones calculan las intensidades para diferentes periodos de retorno. En la figura 115 se indica la zonificación realizada por el INAMHI y a continuación se detallarán las ecuaciones con las cuales se calculará la Intensidad de precipitación.

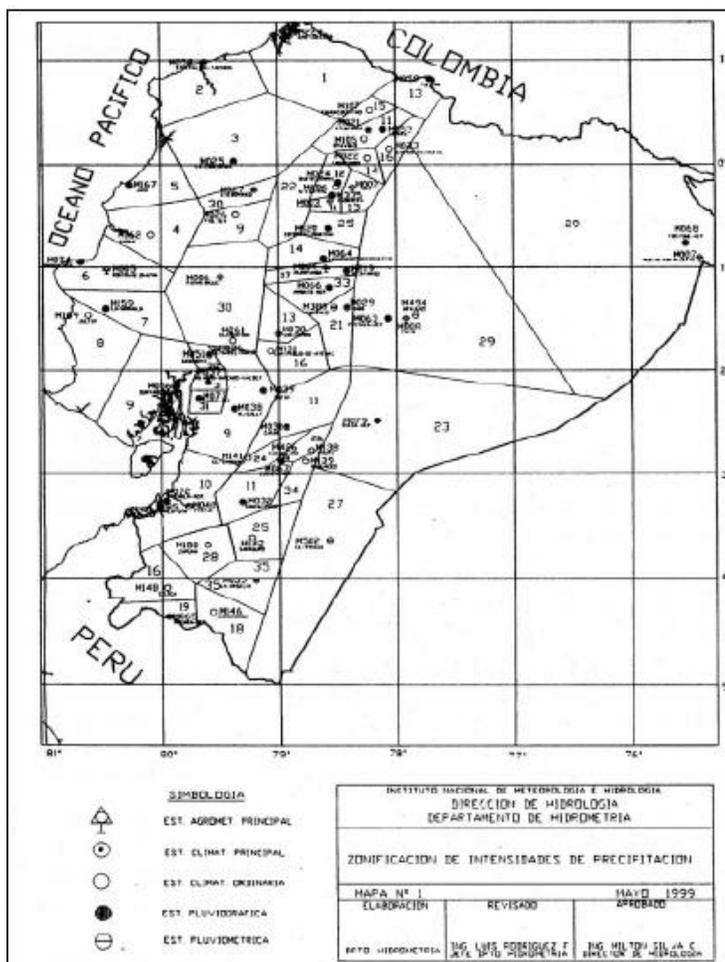


Figura 115. Mapa de zonificación de intensidades de precipitación

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 1999)

Se determinó que el lugar del proyecto corresponde a la zona 12 cercana a la estación pluviométrica M606 y las fórmulas para esta estación encontradas en el cuadro N°4 del manual de lluvias intensas del INAMHI (se presentará como anexo 15) son:

Para duraciones de la lluvia de $5 \text{ min} < t < 50 \text{ min}$:

$$I_{TR} = 138.01 * Id_{TR} * t^{-0.4882} \quad (8)$$

Para duraciones de la lluvia de $50 \text{ min} < t < 1440 \text{ min}$:

$$I_{TR} = 674.13 * Id_{TR} * t^{-0.8935} \quad (9)$$

En donde:

t - duración de la lluvia o el tiempo de concentración (minutos)

Tr - período de retorno (años): 25 años, para obras de arte menor.

I_d ; Tr - intensidad máxima diaria.

El valor del I_{dTR} se lo escogió tomando en cuenta el periodo de retorno de 25 años de la estación más cercana a la ubicación del proyecto en este caso fue la M606 QUITO U. CENTRAL $I_{dTR} = 2.20mm/h$

$$I_{TR} = 138.01 * 2.20 * 10^{-0.8935}$$

$$I_{TR} = 98.66mm/h$$

Para la determinación del coeficiente de escorrentía se necesita conocer la permeabilidad del suelo y vegetación existente alrededor del proyecto, este coeficiente relaciona la cantidad total de lluvia que se precipita y la que se escurre superficialmente, su valor también depende de la pendiente longitudinal, considerando que el proyecto se encuentra en medio de una zona boscosa se escoge un valor de $C=0.50$ siguiendo los lineamientos de la tabla IX-5 del MTOP .

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
		PENDIENTE DEL TERRENO				
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PRONUNCIADA 50%	ALTA 20%	MEDIA 5%	SUAVE 1%	DESPRECIABLE
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	SEMIPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	PERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	SEMIPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	PERMEABLE	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
PASTOS VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
HIERVA GRAMA	IMPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	SEMIPERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	PERMEABLE	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
BOSQUES DENSA VEGETACION	IMPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Figura 116. Valores de C para diferentes tipos de terrenos

Fuente: INAMHI

Para el diseño de los caudales se ha empleado el Método Racional y se lo calculará para un período de retorno de 25 años. El método que se utilizará dice lo siguiente: si una lluvia de intensidad uniforme (I) cae sobre la totalidad de una cuenca y dura el tiempo necesario para que todas sus partes contribuyan al derrame en el punto de descarga, el caudal resultante será directamente proporcional a la intensidad de precipitación menos las pérdidas por infiltración y evaporación estimadas a través del coeficiente de escurrimiento (C).

Se calculará el caudal hidrológico que se aportará a la cuneta y se calculará el caudal hidráulico que soporta la cuneta con las dimensiones propuestas para el proyecto, en caso de no cumplir se aumentará las secciones de la cuneta y se presentará finalmente el esquema de la cuneta a utilizar.

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \quad (10)$$

Donde:

Q= Caudal de diseño en m³/seg

C= Coeficiente de escorrentía

I= Intensidad de precipitación en mm/h

A= Área de la microcuenca (ha)

Cálculo del caudal hidrológico:

$$Q = \frac{0.50 * 98.66\text{mm/h} * 0.28\text{ha}}{360}$$

$$Q = 0.04\text{m}^3/\text{seg}$$

Cálculo del caudal hidráulico:

Para el cálculo del caudal hidráulico se utilizará el método de Manning que fue desarrollado para canales abiertos en 1891.

La expresión que permite determinar los caudales de diseño es la siguiente:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (11)$$

Donde:

Q= Caudal en m³/seg

n= 0.013 rugosidad correspondiente al hormigón liso

S= pendiente de la cuneta (adimensional)

A= área de la cuneta (m²)

R= Radio hidráulico

$$R = \frac{\text{Área de la sección húmeda}}{\text{Perímetro húmedo}} \quad (12)$$

Por facilidades de cálculo se obtendrá mediante las fórmulas expuestas en la Figura 117 el área (A) y el perímetro (P) para posteriormente calcular el Radio hidráulico, todo para la cuneta propuesta en la Figura 118.

Tipo de Cuneta	
Ancho Superficial (l)	$(z_a + z_b) \cdot h$
Area (x)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h^2}{2}$
Perímetro Mojado (P)	$(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2}) \cdot h$
Radio Hidráulico (R)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h}{2 \cdot (\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2})}$

Figura 117. Capacidad hidráulica de cunetas triangulares

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

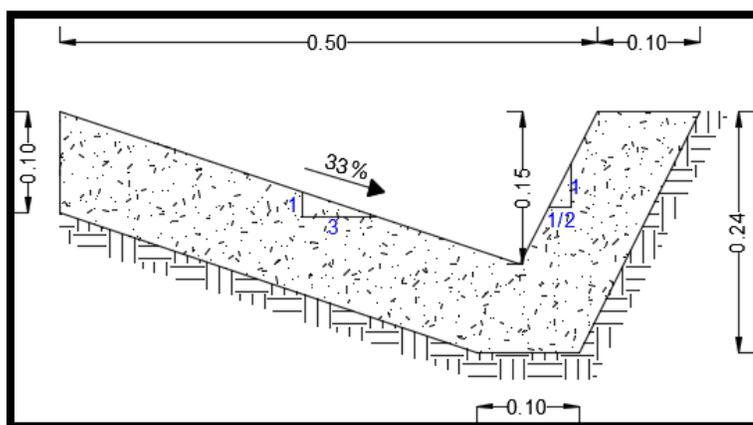


Figura 118. Sección transversal propuesta de cuneta

$$A = \frac{(za + zb) * h^2}{2} = 0.039 \quad (13)$$

$$P = (\sqrt{1 + za^2} + \sqrt{1 + zb^2}) * h = 0.642 \quad (14)$$

$$R = \frac{A}{P} = 0.061$$

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0.013} * 0.039 * 0.061^{2/3} * 0.06^{1/2}$$

$$Q = 0.12m^3/seg$$

Para un buen diseño de la cuneta debe cumplir lo siguiente:

Caudal hidráulico > Caudal hidrológico

$$0.12m^3/seg > 0.04m^3/seg$$

Ahora se verifica al velocidad permisible y la velocidad de la cuneta

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (15)$$

$$V = 2.93 m/seg$$

MATERIAL	VELOCIDAD m/s .	MATERIAL	VELOCIDAD m/s .
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2.0
Arcilla arenosa	0.50	Grava gruesa	3.50
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

Figura 119. Velocidades del agua con que erosionan los diferentes materiales

Fuente: (Ministerio Transporte y Obras Públicas, 2003)

4.1.6 Diseño de Muros

Los muros de retención o sostenimiento se utilizan generalmente en las carreteras con varios fines, para nuestro proyecto servirán para sostener la vía en las ampliaciones que se llevarán a cabo en los sitios donde existen quebradas.

Para el diseño del muro presentado a continuación se utilizó los apuntes de clase del Ing. Ernesto Pro docente de la asignatura “obras civiles y complementarias” de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, el cual utiliza el método de Coulomb para determinar el valor del empuje.

Se localizaron nueve hondonadas en la dirección Valle Quito y una en la dirección Quito – Valle. A continuación se da un detalle de los datos obtenidos en campo de cada una de las hondonadas y el diseño de los muros



Figura 120. Hondonada #1



Figura 121. Hondonada #2



Figura 122. Hondonada #3



Figura 123. Hondonada #4



Figura 124. Hondonada #5



Figura 125. Hondonada #6



Figura 126. Hondonada #7



Figura 127. Hondonada #8



Figura 128. Hondonada #9



Figura 129. Hondonada #10

Tabla 29.

Datos de las Hondonadas

Descripción	Ubicación	Ancho requerido	Longitud de la quebrada	Altura de muro
Hondonada #1	Entre el puente 4 y 5	1.50 m	56.60 m	2.25 m
Hondonada #2	Entre el puente 4 y 5	2.50 m	107.80 m	1.25 m
Hondonada #3	Entre el puente 3 y 4	3.50 m	156.40 m	2.80 m
Hondonada #4	Entre el puente 2 y 3	3.10 m	140.0 m	2.05 m
Hondonada #5	Entre el puente 2 y 3	2.50 m	60.0 m	1.80 m
Hondonada #6	Entre el puente 1 y 2	3.50 m	75.0 m	3.85 m
Hondonada #7	Entre el puente 1 y 2	3.20 m	140.0 m	2.56 m
Hondonada #8	Entre el puente 8 y 9	4.00 m	150.0 m	4.00 m
Hondonada #9	Entre puente 3 y 4	3.80 m	80.0 m	2.28 m
Hondonada #10	Entre el puente 1 y 2	3.00 m	25.0 m	3.00 m

En la Autopista General Rumiñahui se tiene un suelo conocido como Cangahua el cual se estima que existe en la mayoría de la superficie del cantón Quito. Las características del suelo existente en la AGR está dado por un estudio realizado en Quito en septiembre 2012 denominado “Resistencia de la Cangahua” y son las siguientes:

- Peso específico del suelo (γ_s): $2.63^T/m^3$
- Ángulo de fricción (φ): 22°
- $\mu = 0.40$
- Capacidad portante: no se determina una capacidad portante general por motivo de que los muros no se encuentran en un solo sitio por lo que se colocará en el resumen de los cálculos la capacidad portante mínima que debe tener el suelo en la ubicación del muro.

El tipo de muro a realizarse será de hormigón ciclópeo para generar los menores costos posibles. Las fórmulas y el procedimiento para el diseño son los siguientes:

Paso 1. Se determina el valor del coeficiente de empuje activo el cual está en función del ángulo de fricción del suelo

$$K_a = \frac{1 - \operatorname{sen}\varphi}{1 + \operatorname{sen}\varphi} \quad (16)$$

Paso 2. Se determina el valor del empuje activo del suelo

$$E_a = \frac{1}{2} * H^2 * \gamma_s * K_a \quad (17)$$

Paso 3. Cálculo del momento volcador el cual es consecuencia del empuje del suelo.

$$Mu = Ea * \frac{H}{3} \quad (18)$$

Paso 4. Se calcula el momento estabilizador del muro tomando en cuenta el peso del muro y el peso del relleno sobre el muro, para esto se necesita las dimensiones del muro.

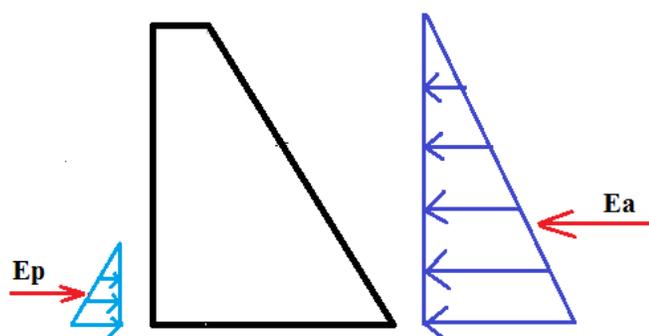


Figura 130. Esquema de esfuerzos actuantes en el muro

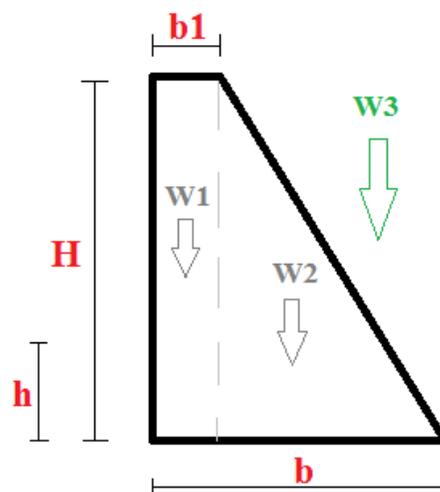


Figura 131. Esquema de los pesos que actúan en el muro

- Para el peso de la estructura depende de la forma geométrica, se multiplica el área por el peso específico.

$$W1 = b1 * H * \gamma_m \quad (19)$$

$$W2 = \frac{(b - b1) * H}{2} * \gamma_m \quad (20)$$

Donde:

γ_m : corresponde al peso específico del material =2.3t/m3

- Para el peso del suelo:

$$W3 = \frac{(b - b1) * H}{2} * \gamma_s \quad (21)$$

$$M_E = W1 * brazo palanca1 \quad (22)$$

$$ME_T = \sum M_E$$

Donde:

ME_T : Momento estabilizador total correspondiente a la suma de los momentos estabilizadores de la estructura + el del suelo

Paso 5. Se determina el factor de seguridad

$$FSU \geq 1.5$$

$$FSU = \frac{ME_T}{Mu} \quad (23)$$

Paso 6. Se determina el factor de seguridad de deslizamiento

$$FSD \geq 1.5$$

$$k_p = \frac{1}{k_a} \quad (24)$$

$$E_p = \frac{1}{2} * h^2 * \gamma_s * k_p \quad (25)$$

$$FSD = \frac{E_p + \mu * W}{E_a} \quad (26)$$

Donde:

μ : coeficiente de fricción entre el suelo y la estructura del muro

K_p : coeficiente de empuje pasivo

E_p : empuje pasivo

Paso 6. Se determina la excentricidad de las reacciones en el suelo

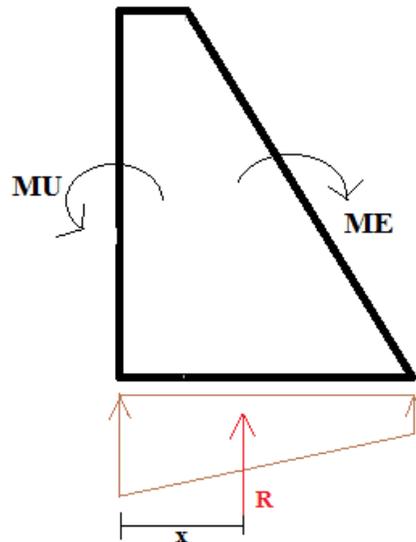


Figura 132. Esquema de momentos que actúan en el muro

$$ME_T - Mu - R * x = 0 \quad (27)$$

$$x = \frac{ME_T - Mu}{R}$$

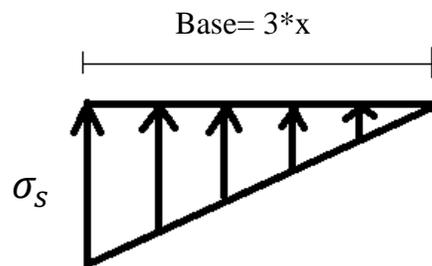
$$e = \frac{b}{2} - x \quad (28)$$

Donde:

e: excentricidad

R: WT (W1+W2+W3)

Paso 6. Se determina la capacidad portante del suelo mínima



$$W_T = \frac{1}{2} * (3 * x * \sigma_s)$$

$$\sigma_s = W_T * \frac{2}{3 * x} \quad (29)$$

Como las alturas de los muros son variables se resumirán los resultados obtenidos para cada tipo de muro, se numerarán los muros según la quebrada a la que correspondan

Tabla 30.
Características de los Muros

Tipo de Muro	Descripción	Altura total H	Altura inferior h	Ancho superior (b1)	Ancho inferior (b)
M1	Correspondiente a las quebradas 2 y 5	2.00 m	0.60 m	0.50 m	1.50 m
M2	Corresponden a la quebrada 1, 3, 4 y 7	3.00 m	1.00 m	0.50	2.00
M3	Corresponden a la quebrada 6 y 8	4.00 m	1.50 m	0.75	2.50

Tabla 31.

Resultados Muros

Tipo de Muro	Ea (T/m)	Mu (T-m)	W (T)	ME (T-m)	FSU > 1,5	FSD > 1,5	e (m)	Esf. En el suelo mínimo (T/m²)
M1	2,39	1,59	7,23	5,56	3,48	1,64	0,20	8,79
M2	5,38	5,38	14,54	14,91	2,77	1,62	0,34	14,80
M3	9,57	12,76	24,15	30,96	2,43	1,69	0,50	21,37

A continuación se presentarán un resumen de los tipos de muros a usarse en las tres alternativas propuestas. Para posteriormente obtener un costo de estas estructuras adicionales necesarias en el proyecto.

ALTERNATIVAS	TIPO DE MURO	LONGITUD NECESARIA
Alternativa 1	M1	167.8 m
	M2	573.0 m
	M3	225.0 m
Alternativa 2	M2	25.0 m
Alternativa 3	M1	167.8 m
	M2	458.0 m

4.1.7 Diseño de Elementos de Protección

Cargas de diseño para protecciones vehiculares

Los niveles de capacidad de carga de las protecciones laterales vehiculares según las especificaciones AASHTO (LRFD-2005) son:

- **TL-1** – Nivel de Impacto Uno: Aceptable para puentes emplazados en vías en zonas de trabajo con velocidades bajas y en calles locales, tráfico de bajo volumen y velocidad;

- **TL-2** – Nivel de Impacto Dos: Aceptable para las zonas de trabajo y la mayor parte de las calles locales y colectoras en las cuales las condiciones del sitio de emplazamiento son favorables; y tráfico combinado con un pequeño número de vehículos pesados y baja velocidad de circulación;

- **TL-3** – Nivel de Impacto Tres: Aceptable para carreteras principales con tráfico de alta velocidad y reducida presencia de vehículos pesados y condiciones del sitio de emplazamiento favorable;

- **TL-4** – Nivel de Impacto Cuatro: Aceptable para la mayoría de puentes en carreteras de alta velocidad, autovías, autopistas y carreteras interestatales y tráfico combinado que incluye camiones y vehículos pesados;

- **TL-5** – Nivel de Impacto Cinco: Aceptable para las mismas condiciones que para el nivel TL-4 y cuando el tráfico medio diario contiene una proporción significativa de grandes camiones o para condiciones desfavorables del sitio de emplazamiento; y

• **TL-6** – Nivel de Impacto Seis: Aceptable para puentes en carreteras con tráfico pesado constituido por vehículos tipo tanquero o cisterna o con el centro de gravedad elevado, y condiciones desfavorables del sitio de emplazamiento.

Fuerza de diseño	Niveles de capacidad de carga para Protecciones laterales vehiculares					
	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	TL-6
Transversal F_t (N)	60.000	120.000	240.000	240.000	550.000	780.000
Longitudinal F_l (N)	20.000	40.000	80.000	80.000	183.000	260.000
Vertical descendente F_v (N)	20.000	20.000	20.000	80.000	355.000	355.000
L_t y F_t (mm)	1220	1220	1220	1070	2440	2440
L_v (mm)	5500	5500	5500	5500	12.200	12.200
H_e (min.) (mm)	460	510	610	810	1070	1420
Minima altura del riel H (mm)	685	685	685	810	1070	2290

Figura 133. Fuerzas de diseño para protecciones vehiculares
Fuente: AASHTO. LRFD Bridge Design Specifications. Tercera Edición. USA. 2004. 1005p

Los niveles de impacto más bajos se aplican para evaluar y seleccionar protecciones de puentes a utilizar en segmentos de carreteras de bajo nivel de servicio y ciertos tipos de zonas de trabajo. Los niveles de impacto más elevados se aplican para evaluar y seleccionar protecciones de puente a utilizar en carreteras de nivel de servicio más alto o en ubicaciones que exigen un comportamiento especial.

En este sentido, las protecciones laterales vehiculares tipo TL-4 se puede considerar que satisfacen la mayoría de los requisitos de diseño para autopistas y carreteras de 1º orden como es el caso de la Autopista General Rumiñahui.

Características de los vehículos	Pequeños automóviles		Camionetas (Pickups)	Camión Semi-remolque	Camión con remolque		Camión Cisterna
	W (N)	8000	20000	80000	220.000	355.000	350.000
B (mm)	1700	1700	2000	2300	2450	2450	2450
G (mm)	550	550	700	1250	1630	1850	2050
Ángulo de impacto, θ	20°	20°	25°	15°	15°	15°	15°
Nivel de resistencia	VELOCIDADES DE CIRCULACION (km/h)						
TL-1	50	50	50	N/A	N/A	N/A	N/A
TL-2	70	70	70	N/A	N/A	N/A	N/A
TL-3	100	100	100	N/A	N/A	N/A	N/A
TL-4	100	100	100	80	N/A	N/A	N/A
TL-5	100	100	100	N/A	N/A	80	N/A
TL-6	100	100	100	N/A	N/A	N/A	80

Figura 134. Niveles de resistencia de las protecciones vehiculares en puentes
Fuente: AASHTO. LRFD Bridge Design Specifications. Tercera Edición. USA. 2004. 1005p

Las fuerzas de diseño para protecciones laterales vehiculares y los criterios geométricos se toman como se indica en la Figura 134. No se aplican las cargas transversales y longitudinales indicadas en la Figura 134 simultáneamente con las cargas verticales. Las cargas verticales se aplican de manera independiente de las demás tomando al elemento aislado de las demás cargas.

La altura efectiva de la fuerza de volcamiento de un vehículo se toma de la siguiente manera:

$$H_e = G - \frac{WB}{2F_t} \quad (30)$$

Dónde:

H_e = altura efectiva de la fuerza de volcamiento del vehículo

G = altura del centro de gravedad del vehículo por encima del tablero del puente, (mm)

W = peso del vehículo correspondiente al nivel de ensayo requerido, (N)

B = separación entre los bordes exteriores de las ruedas de un eje, (mm)

F_t = fuerza transversal correspondiente al nivel de impacto requerido, (N)

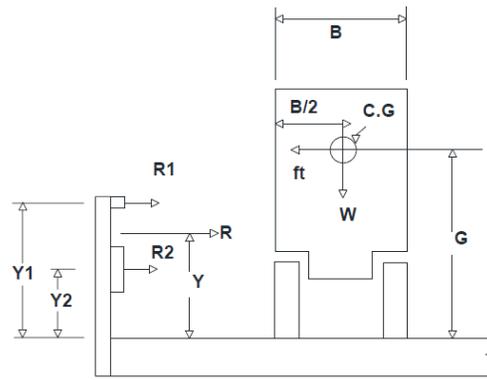


Figura 135. Protección para tráfico vehicular

Las protecciones laterales se deben dimensionar de manera que la resistencia total de la protección sea mayor o igual que la fuerza transversal correspondiente al nivel de impacto requerido:

$$R \geq Ft$$

Dónde:

R = Resistencia última total de la protección lateral, es decir su resistencia nominal (N)

Ft = fuerza transversal correspondiente al nivel de impacto requerido, (N)

La altura del elemento longitudinal diseñado debe ser mayor que la altura mínima establecida en la Figura 134.

$$Y \geq H$$

Dónde:

Y = Altura de la protección lateral

H = Altura efectiva de la protección lateral

Para lo cual la sumatoria de las resistencias de cada elemento, postes, vallas vehiculares, de la protección lateral debe ser igual a la resistencia total de la protección lateral aliviada.

$$R = \sum Ri$$

La altura de la protección lateral estará determinada por la siguiente ecuación:

$$\bar{Y} = \frac{\sum \frac{Ri}{Yi}}{\bar{R}} \quad (31)$$

Dónde:

Ri = resistencia de cada elemento de la protección lateral (N)

Yi = distancia desde el tablero del puente hasta el elemento longitudinal (mm)

Y = Altura de la protección lateral

R = Resistencia última total de la protección lateral, es decir su resistencia nominal (N)

Todas las fuerzas se deben aplicar a las vallas vehiculares. La distribución de las cargas longitudinales a los postes debe ser consistente con la continuidad de las vallas vehiculares. La distribución de las cargas longitudinales debe ser consistente con el mecanismo de falla supuesto para la protección lateral.

Si la carga de diseño ubicada en He se encuentra en un espacio entre elementos longitudinales, esta carga se debe distribuir proporcionalmente entre los elementos por encima y por debajo de He de manera tal la altura de la protección lateral sea mayor o igual a He , $Y \geq He$.

La mínima altura efectiva, He , para TL-1 corresponde a una estimación en base a la limitada cantidad de información disponible para este nivel de ensayo.

La altura mínima, H , de 1070 mm indicada en la Figura 134 para TL-5 se basa en la altura utilizada para protecciones de hormigón que resisten el choque de los neumáticos del camión. Para las protecciones de puentes formadas por postes y elementos longitudinales metálicos puede ser prudente aumentar esta altura sumándole 305 mm.

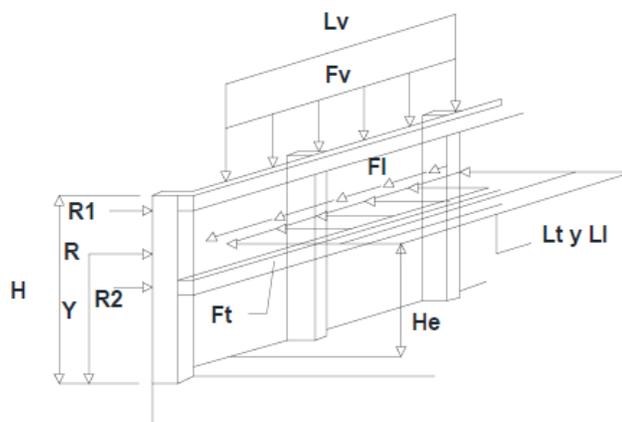


Figura 136. Fuerzas y longitudes de distribución para protecciones vehiculares

Criterios de Diseño: Los estados límites

El cambio más significativo que introdujo la norma AASHTO LRFD en el cálculo de estructuras de puentes es la utilización del método de los factores de carga (LRFD: Load and Resistance Factor Design), el cual corresponde a uno de los métodos que aplica el criterio del comportamiento de la estructura bajo condiciones de exigencias límite o estados límites considerando factores probalísticos para estimar el efecto de cada carga solicitante y para la resistencia de los elementos estructurales.

Estado Límite Correspondiente a Evento Extremo

El cálculo de la resistencia en el estado límite de evento extremo, se realiza con valores de:

- $\phi=1.0$ factor de resistencia
- $\gamma=1.0$ factor de carga debida al choque vehicular

Diseño según especificaciones AASHTO por el criterio de los estados límite

Para el diseño de protecciones laterales para puentes de carreteras según las normas AASHTO LRFD se tendrán en cuenta las consideraciones establecidas anteriormente

Solicitaciones máximas

Las solicitaciones máximas para las protecciones laterales se indican en la Figura 134. Para este caso se está considerando una protección lateral TL-4 la cual es un poco más exigente a las necesidades de la Autopista General Rumiñahui y por seguridad.

A continuación se presentarán en resumen los resultados obtenidos del diseño de cada tipo de protecciones, cabe mencionar que los resultados varían por el diseño, es decir armadura, ancho de postes, diámetro de vallas metálicas, etc., a continuación se presentarán 3 diseños generales para posteriormente realizar una comparación.

4.1.7.1 Protecciones laterales vehiculares de hormigón.

Estas barandas de seguridad están hechas totalmente de hormigón y son colocadas en las zonas de alto tráfico como son las autopistas. Por lo general, estas barandas son utilizadas en lugares con alto porcentaje de circulación de vehículos pesados, ya que proveen un mayor grado de protección que otras barandas.

La ventaja es que se pueden diseñar removibles y fáciles de montar con la ayuda de maquinaria pesada, la desventaja es que impiden la visibilidad y son muy costosas de construir.



Figura 137. Protección maciza de hormigón

- **DISEÑO**

Las Fuerzas y Longitudes de diseño para una Protección lateral maciza vehicular de Resistencia 4 (TL-4) son:

Dirección	Fuerza (N)		Longitud (mm)	
Transversal	F_T	240 000	L_T	1 070
Longitudinal	F_L	80 000	L_L	1 070
Vertical	F_V	80 000	L_V	5 500

Figura 138. Fuerzas y longitudes para una protección vehicular TL-4

Fuente: (AASHTO. LRFD Bridge Design Specifications, 2004)

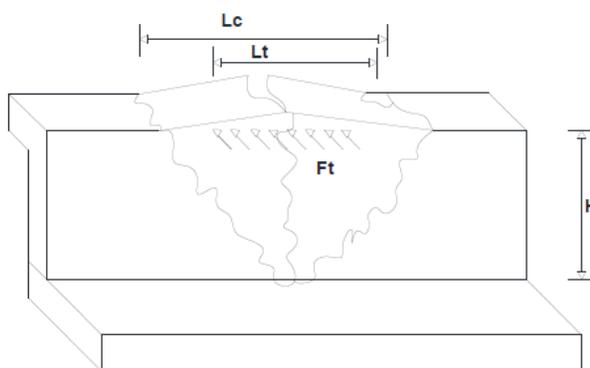


Figura 139. Nomenclatura

Fuente: (AASHTO. LRFD Bridge Design Specifications, 2004)

- Hormigón del parapeto: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ($420 \text{ MPa} = 420 \text{ N/mm}^2$)

1. Se determina el momento resistente alrededor del eje vertical (M_w)

Este momento es en función de la armadura horizontal, para el análisis del parapeto de sección variable se lo divide en tres segmentos como se muestra a continuación:

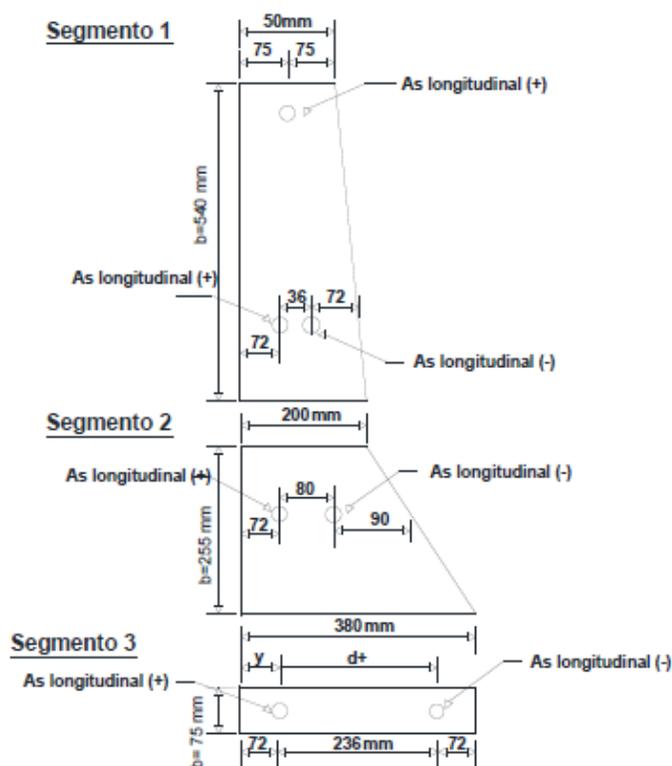


Figura 141. Segmentos que forman la sección transversal de la protección

Segmento 1

Se considera la contribución $As+$ de arriba y abajo

$$As+ = 2\phi 12 \text{ mm} = 226,19 \text{ mm}^2$$

$$d = d_{prom} = \frac{d_{sup} + d_{inf}}{2} \quad (32)$$

$$d_{prom} = \frac{75 + (75 + 36)}{2} = 91.5\text{mm}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} \quad (33)$$

$$a = \frac{226,19 * 420\text{MPa}}{0.85 * 20,6\text{MPa} * 540\text{mm}} = 10,05\text{mm}$$

$$\phi M_{n-1} = \phi * A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (34)$$

$$\phi M_{n-1} = 1 * 226,19 * 420 * \left(91,5 - \frac{10,05}{2}\right)$$

$$\phi M_{n-1} = \frac{8,22 \times 10^6 \text{N}}{\text{mm}^2} = 8,21 \times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}$$

Segmento 2

Se determina el momento resistente positivo y negativo en base del A_{s+} , A_{s-} y sus alturas efectivas correspondientes.

- Para el A_{s+}

$$A_{s+} = 1\emptyset 12\text{mm} = 113,1\text{mm}^2$$

$$d_{+} = 80 + 90 = 170\text{mm}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} = 10,64\text{mm}$$

$$\phi M^+ = \phi A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right) = 7,81 \times 10^6 N \cdot mm$$

- Para el As-

$$A_s = 1\phi 12mm = 113,1mm^2$$

-

$$d = 72 + 80 = 152mm$$

-

$$\phi M^- = \phi A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right) = 6,96 \times 10^6 N \cdot mm$$

El momento resistente es el promedio de M_n^+ y M_n^-

$$\phi M_{n-2} = \frac{M_n^+ + M_n^-}{2} \quad (35)$$

$$\phi M_{n-2} = \frac{M_n^+ + M_n^-}{2} = 7,39 \times 10^6 N \cdot mm$$

Segmento 3

Se determina el momento resistente positivo y negativo son iguales.

$$\phi M_n^+ = \phi M_n^-$$

$$A_s = 1\phi 12mm = 113,1mm^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * b} = \frac{113,10 * 420}{0,85 * 20,6 * 75} = 36,14mm$$

$$\phi M_{n-3} = \phi * A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_{n-3} = 1 * 113,10 * 420 * \left(308 - \frac{36,14}{2} \right) = 13,76 \times 10^6 N \cdot mm$$

El momento resistente total del parapeto con respecto al eje vertical es

$$M_w = \phi M_{n-1} + \phi M_{n-2} + \phi M_{n-3} \quad (36)$$

$$M_w = 29,36 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

2. Se determina el momento resistente con respecto al eje horizontal (Mc):

Este momento es en función de la armadura vertical, se calcula únicamente el momento negativo M-

- *Para el segmento 1*

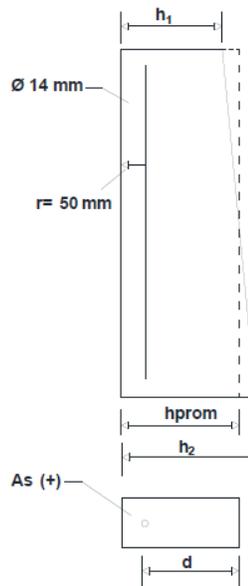


Figura 142. Segmento 1 para el análisis de parapeto respecto al eje horizontal

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2}{2} \quad (37)$$

$$\bar{h} = \frac{150 + 200}{2} = 175 \text{ mm}$$

$$A_s = 1\phi 14 \text{ mm} @ 200 \text{ mm} = 0.77 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

$$d = \bar{h} - r - \phi/2$$

$$d = 175 - 50 - 7 = 118\text{mm}$$

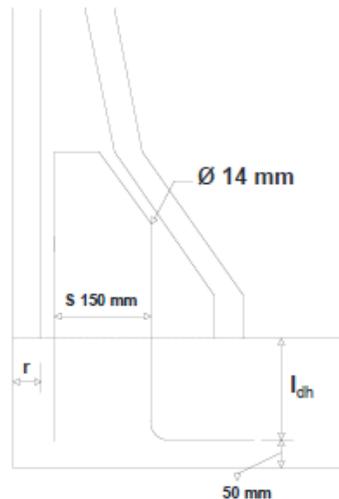
$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} = \frac{0.77 * 420}{0.85 * 20.6 * 1} = 18,47\text{mm}$$

$$M_{C-1} = \phi * As * fy * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{C-1} = 1 * 0.77 * 420 * \left(118 - \frac{18,47}{2}\right) = 35174,6 \text{ N. mm}$$

- **Para el segmento 2**

En la parte inferior el parapeto se ensancha pero la armadura que lo configura no se ancla al voladizo de la losa, el anclaje del parapeto a la losa está dado por una varilla especialmente diseñada con gancho en el extremo que se introduce dentro de la losa. En las zonas de traslape de las varillas se incrementa la capacidad resistente, por tanto se puede asumir que la resistencia con respecto al eje horizontal para los segmentos II y III es constante y se determina por las varillas de anclaje.



El ancho efectivo de la rama traccionada de la varilla de anclaje se puede considerar si $\phi_v = 14\text{mm}$

$$d = r + \phi_v + S + \frac{\phi_v}{2} \quad (39)$$

$$d = 50 + 14 + 150 + \frac{14}{2} = 221\text{mm}$$

$$As = 1\phi 14\text{mm}@200\text{mm} = \frac{0.77\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$$

$$a = \frac{0.77 * 420}{0.85 * 20.6 * 1} = 18.47\text{mm}$$

El momento resistente en el segmento 1 y 2 es:

$$M_{C-2/3} = \phi * As * fy * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_{C-2/3} = 1 * 0.77 * 420 * \left(221 - \frac{18.47}{2}\right) = 68484.8 \text{ N. mm}$$

El momento resistente total alrededor del eje horizontal (Mc) es la media ponderada de los momentos de los segmentos 1,2 y 3.

$$M_c = \frac{Mc1 * b1 + \frac{Mc1}{2} * (b2 + b3)}{H} \quad (40)$$

$$M_c = \frac{35174.6 * 540 + 68484.8 * (255 + 75)}{870} = 47809.5 \text{ N. mm /mm}$$

Ahora se debe determinar la longitud crítica del patrón por líneas de fluencia (L_c)

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{8H * (M_b + M_w)}{M_c}} \quad (41)$$

$$L_c = \frac{1070}{2} + \sqrt{\left(\frac{1070}{2}\right)^2 + \frac{8 * 870 * (0 + 29360)}{47.80}} = 2670.71 \text{ mm}$$

Se determina la resistencia de la protección a la carga transversal:

$$R_w = \frac{2}{2L_c - L_t} * \left(8M_b + 8M_w + \frac{M_c * L_c^2}{H} \right) \quad (42)$$

$$R_w = \frac{2}{2 * 2670.71 - 1070} * \left(8 * 0 + 8 * 29360 + \frac{47.80 * 2670.71^2}{870} \right) = 293.47 \text{ kN}$$

Se debe cumplir con las restricciones para las protecciones vehiculares de comportamiento TL-4

$$R_w \geq F_T$$

$$293.47 \text{ kN} \geq 240 \text{ kN}$$

Tabla 32.

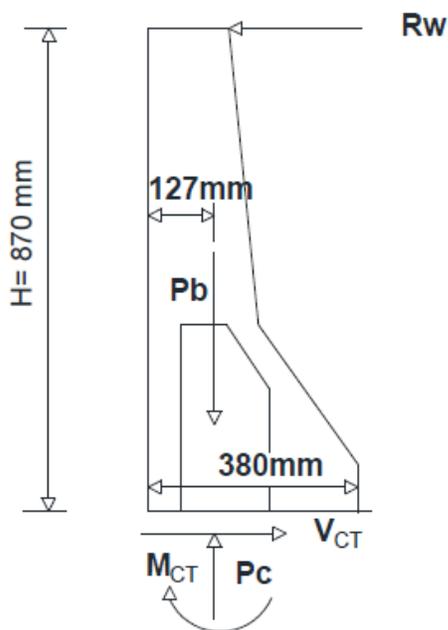
Resultados Protección de Parapeto

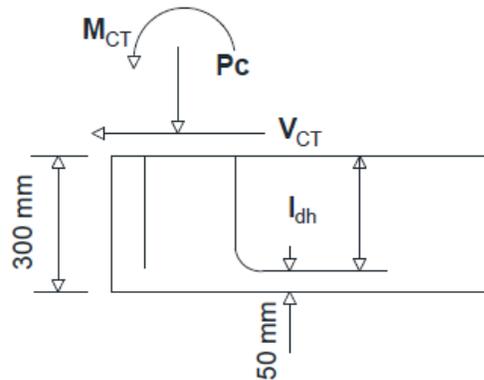
M_w	29,36x106 N.mm	Momento resistente alrededor del eje vertical
M_c	47809,5 N.mm	Momento resistente alrededor del eje horizontal
R_w	293,47 Kn	Resistencia de la protección a la carga transversal
CONTINUÍA 		

Lc	2670,71mm	longitud crítica)
Rw > Ft	293,47 kN > 240 kN	Si cumple la resistencia nominal a la carga transversal es mayor a la fuerza transversal estandarizada prevista para el tipo TL-4

Transferencia de Corte de la protección al tablero

La carga R_w debe ser transferida por una junta fría por esfuerzo cortante de fricción en donde actúa V_{CT} ver el detalle en la imagen 134. Se considera que V_{CT} es la fuerza de corte en la base de la barrera de hormigón debida al choque del vehículo la cual es igual a T que es la fuerza de tracción por metro lineal de tablero.





$$T = V_{CT} = \frac{Rw}{Lc + 2H} \quad (43)$$

Dónde:

T : Fuerza de tracción por metro lineal de tablero.

V_{CT} : Fuerza de corte en la base del parapeto debida al choque vehicular.

Rw : Resistencia transversal total de la protección (N)

H : Altura de la protección (mm)

Lc : Longitud crítica del patrón de falla por líneas de fluencia (mm)

$$T = \frac{293470}{2670.71 + 2 * 870} = 66.54 N/mm$$

La fuerza nominal Vn en la interfase es

$$Vn = c \cdot A_{CV} + \mu \cdot (A_{vf} \cdot fy + Pc) \quad (44)$$

$$Vn \leq \frac{K_1 \cdot f'c \cdot A_{CV}}{K_2 \cdot A_{CV}}$$

Dónde:

Vn : Fuerza Nominal de corte

c : Factor de cohesión

A_{cv} : Área de contacto del parapeto con el tablero del puente

μ : Coeficiente de fricción (mm)

A_{vf} : Armadura perpendicular al área de corte

P_c : Fuerza de compresión perpendicular al área de corte

f_y : Esfuerzo de fluencia del acero

f'_c : Resistencia de diseño del hormigón.

$$A_{CV} = 380mm * 1mm = 380mm^2$$

$$A_{vf} = 0.77mm^2/mm$$

$$c = 0.52MPa$$

$$\mu = 0.60$$

$$K_1 = 0.20$$

$$K_2 = 5.5$$

El peso de la barrera es:

$$P_b = \delta_h \cdot g \cdot V \quad (45)$$

Dónde:

P_b : Peso del parapeto

δ_h : Densidad del hormigón de peso normal

g : Aceleración de la gravedad

V : Volumen del parapeto por unidad de longitud.

$$P_b = \frac{2400 \times 10^9 kg}{mm^3} * \frac{9800mm}{s^2} * 208.1 \times 10^3 mm^3$$

$$P_b = 4.89 N/mm = P_c$$

$$Vn = 0.52 * 380 + 0.6 * (0.77 * 420 + 4.89)$$

$$Vn = 394.57N/mm$$

Se verifica que cumpla con las condiciones:

$$Vn \leq 0.20 \cdot fy \cdot Acv = 0.2 * 420 * 380 = 31920N/mm$$

$$Vn \leq 5.5 \cdot Acv = 2090N/mm$$

Se concluye que el valor de Vn es aceptable, se verifica si Vn es mayor que la fuerza de corte producida por el choque del vehículo con la protección (V_{CT})

$$394.57N/mm > 66.54 N/mm$$

Se debe establecer si la sección de la varilla de anclaje del parapeto con el tablero es suficiente para resistir las sollicitaciones de anclaje. A través del plano de corte el parapeto, según el diseño, se ancla al tablero través de una varilla que se introduce en la losa. Si en este caso se selecciona una varilla de $\varnothing_v = 14$ mm $A_{vf} = 154$ mm² cada 5 mm; entonces es necesario verificar la separación respectiva, de tal forma que se cumpla el requisito del A_v mínimo necesario:

$$A_{vf} \geq A_{vmin} = \frac{0.35 * b_v * s}{fy} \quad (46)$$

Dónde:

A_{vf} : Armadura perpendicular al área de corte

s : Espaciamiento del refuerzo a corte

b_v : ancho de la sección sometida a corte

fy : Esfuerzo de fluencia del acero

Si $b_v = 380$ mm y $s=200$ mm

$$A_{vmin} = \frac{0.35 * 380 * 200}{420} = 63.33mm^2$$

Ya que se utiliza una varilla de 14mm se está colocando:

$$154mm^2 > 63.33mm^2 = A_v \text{ requerido}$$

De esto se puede decir que el anclaje del parapeto con 1 varilla de $\varnothing_v=14mm@200mm$ es suficiente para el anclaje.

Se debe establecer la longitud de desarrollo de la varilla (l_{dh}) : Para una varilla con gancho de $f_y < 420 \text{ MPa}$, la longitud básica de desarrollo l_{hb} es:

$$l_{hb} = \frac{100 * 14}{\sqrt{23.54}} = 288.55mm$$

$$l_{hb} = 288mm \geq \frac{8 * 14}{150} = 112mm$$

Y la longitud de desarrollo total l_{dh} es:

$$l_{dh} = l_{hb} \times \text{factores de modificación} \quad (47)$$

Dónde:

$f_1 = 0,7$ = factor de modificación para gancho de 90° garantiza un recubrimiento adecuado, y

$f_2 = 1,2$ = para el caso de armadura recubierta con resina epóxica (caso contrario=1),

Por tanto:

$$l_{dh} = 288 * 0.7 * 1 = 201.6 \text{ mm}^2$$

La longitud de desarrollo es menor que el espacio disponible en el tablero por lo que se acepta los 201mm de longitud de desarrollo dentro del tablero para la varilla de anclaje.

Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1,00	3,66	3,66	0,50	1,83
SUBTOTAL					6,74
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Encofrados	global	1,00	9,15	9,15	
Hormigón premezclado f _c =201kg/cm ²	m ³	0,19	81,40	15,47	
Acero estructural A 36	Kg	30,13	2,00	60,26	
SUBTOTAL					84,88
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					92,83

4.1.7.2 Protecciones laterales vehiculares metálicas.

Este tipo de barandas de seguridad es de las más comunes y se ven en la mayoría de carreteras del país. Están formadas por un perfil de acero en W, galvanizado por inmersión en caliente de zinc, construida cumpliendo requerimientos de la norma de fabricación. Van montados en postes de acero en forma de C o H que absorben parte de la energía en un impacto y sujetos con pernos de seguridad.



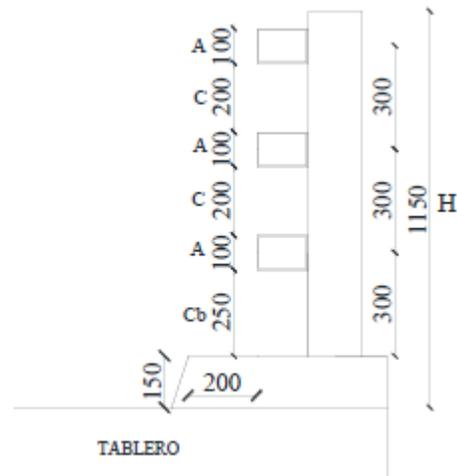
Figura 144. Protecciones vehiculares metálicas

Para este tipo de protección el diseño es más extenso, se debe diseñar no solo los postes y vallas metálicas sino que adicional se considera la placa y los anclajes, ya que son protecciones permanentes. También los resultados dependerán de la forma y condiciones del material que se escoge para el diseño.

- **DISEÑO**

Para facilidades de cálculo se escogieron postes y vallas vehiculares de acero de tubos rectangulares. A continuación se presenta las características del material y dimensiones del poste y vallas que se escogió con el resumen de los resultados obtenidos.

Se dispone un entramado de postes y 3 vallas vehiculares de acero, las vallas vehiculares son tubos rectangulares de 150mm x 100mm x 6mm, el poste es un perfil H y posee una altura de 1000mm, la altura del bordillo es de 150mm y el ancho de este de 200mm, la protección se divide en módulos de 6000mm, con tres tramos de 2000mm medidos entre ejes de los postes.



Para determinar estas dimensiones se tiene en consideración los requisitos basados en las Especificaciones AASHTO LRFD.

Se chequea las tres condiciones siguientes:

- El ancho total de la valla o las vallas vehiculares, $\sum A$ no debe ser menor que el 25% de la altura de la protección lateral.

$$\sum A = 100 + 100 + 100 = 300$$

$$0.25H = 0.25 * 1150 = 287.5$$

$$300 > 287.5 \rightarrow OK$$

- La abertura libre vertical C, y el retiro de los postes S deberá estar dentro o por debajo del área sombreada que se indica en la respectiva figura 145, C = 200mm, S = 150mm

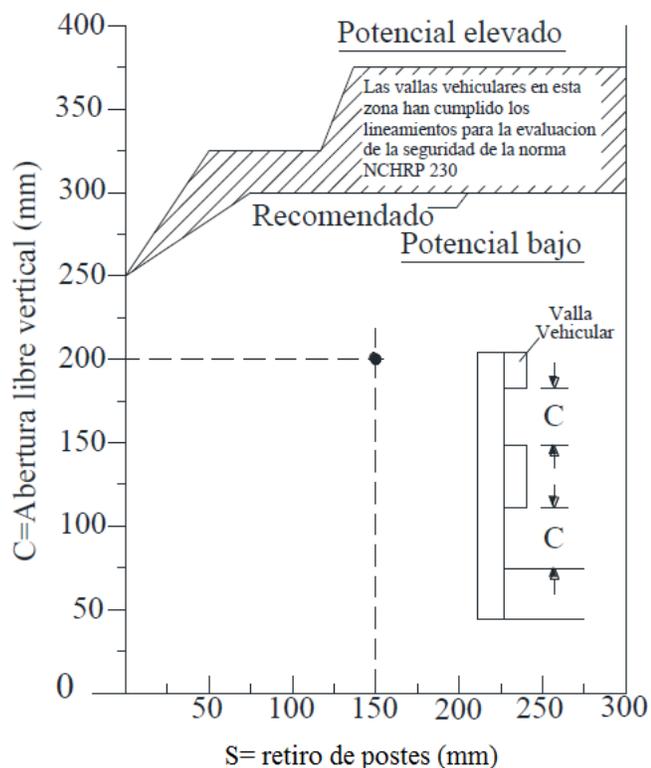


Figura 145. Potencial de impacto de las ruedas, paragolpes o capo contra postes

Fuente: (AASHTO. LRFD Bridge Design Specifications, 2004)

Se puede ver que el retiro de los postes elegido y la abertura libre vertical en la protección están de acuerdo a las consideraciones establecidas.

- En el caso de las protecciones con postes, la combinación de $\sum A/H$ y el retiro de los postes S deberá estar dentro o por encima del área sombreada de la Figura 146

$$\sum A/H = \frac{100}{1150} + \frac{100}{1150} + \frac{100}{1150} = 0.26$$

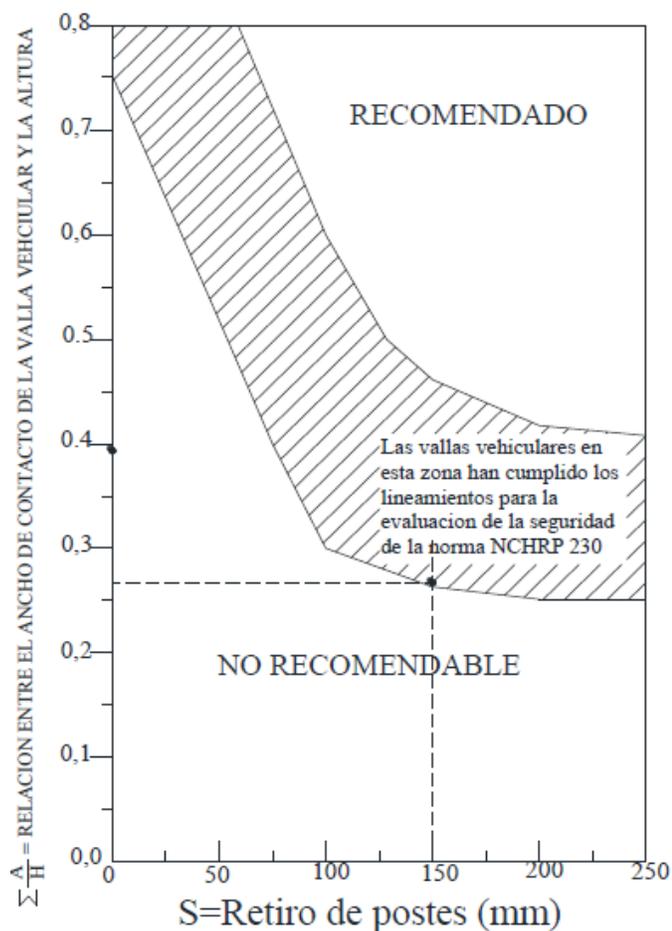


Figura 146. Criterio para determinar el retiro de los postes

Fuente: (AASHTO. LRFD Bridge Design Specifications, 2004)

Se puede ver que el retiro de los postes elegido y la relación entre ancho de contacto de la valla vehicular y la altura en la protección están de acuerdo a las consideraciones establecidas. Se debe determinar la ubicación de la resultante que sea igual o superior a la altura efectiva para la protección de nivel TL-4.

$$Y_{cg} \geq H_e \quad (48)$$

Dónde:

Y_{cg} : Ubicación de la resultante de fuerzas resistentes

H_e : Altura efectiva de fuerza de vuelco para el nivel TL-4.

$$He = 810mm$$

Las tres vallas vehiculares son de igual resistencia por lo tanto:

$$Ycg = 810mm$$

Se cumple la condición: $Ycg = He$

Especificaciones del material para protección lateral vehicular de acero: El material seleccionado para postes (perfiles) y vallas vehiculares (tubos rectangulares) y placas base es acero de grado A36 según la norma ASTM , cuyas especificaciones son:

- Densidad de 7860 kg/m³ (0,28 lb/in³)
- Límite de fluencia de 248,21 MPA (36 ksi),
- Límite de rotura de 410 MPa (58 ksi).

Acero en barras corrugadas de refuerzo: Límite de fluencia $f_y = 420$ MPa (4200kg/cm²)

Hormigón: Resistencia a la compresión simple $f'_c=210$ kg/cm²

Para el poste se tiene: Un perfil H de acero, que en la tabla 1-28 W SHAPES para perfiles H se obtiene la sección: Perfil W 6x20 la cual tiene las siguientes características:

$$d= 6.20'' (15.75cm)$$

$$\text{Espesor alma: } tw=0.26'' (0.66cm)$$

$$\text{Ancho del ala: } bf= 6.02'' (15.29cm)$$

$$\text{Espesor del ala: } tf= 0.365'' (0.93cm)$$

$$\text{Área: } A= 5.87 \text{ pulg}^2 (22.71cm^2)$$

$$\text{Inercia: } I_x= 41.4 \text{ pulg}^4 (1723.2 \text{ cm}^4)$$

$$\text{Inercia: } I_y=13.3 \text{ pulg}^4 (553.59 \text{ cm}^4)$$

$$\text{Módulo resistente: } S_x=13.4 \text{ pulg}^3 (219.59 \text{ cm}^3)$$

$$\text{Modulo resistente } S_y=4.41 \text{ pulg}^3 (72.27 \text{ cm}^3)$$

Radio de giro $r_x = 2.66''$ (6.76cm)

Radio de giro $r_y = 1.50''$ (3.81cm)

Radio de giro de la sección en compresión: $r_T = 1.64''$ (4.17cm)

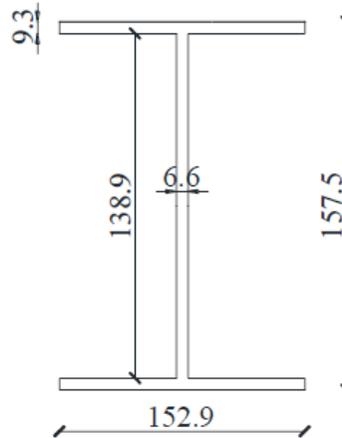


Figura 147. Características del Poste

Se determina el momento resistente en base al módulo resistente de la sección elegida

$$M_n = F_y * Z \quad (49)$$

$$M_n = 248.21 * 259590 = 64.43 \times 10^6 N \cdot mm$$

$$\phi M_n = 0.9 * 64.43 \times 10^6 N \cdot mm$$

$$\phi M_n - poste = 57.99 \times 10^6 N \cdot mm$$

Para la valla vehicular se tiene: Tubo rectangular de 150mm x 100mm x 10mm y se utiliza acero A36. Con las siguientes características:

Área: $A = 6.58''$ (4245.1mm²)

Inercia: $I_x = 29.7 \text{ pulg}^4$ (12362073 mm⁴)

Inercia: $I_y = 15.6 \text{ pulg}^4$ (6493210 mm⁴)

Módulo resistente: $S_x = 9.90 \text{ pulg}^3$ (162231.9 mm^3)

Módulo resistente: $S_y = 7.82 \text{ pulg}^3$ (128146.8 mm^3)

Radio de giro: $r_x = 2.13''$ (54.10mm)

Radio de giro $r_x = 1.54''$ (39.12mm)

Espesor: $t = 0.375''$ (9.53mm)

Se determina el momento resistente de la sección de la valla en base al módulo resistente:

$$M_n = F_y * Z$$

$$M_n = 248.21 * 162231.9 = 40.27 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\phi M_n = 0.9 * 40.27 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 36.24 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\phi M_n - \text{vallas} = 3 * 36.24 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 108.72 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Con estos valores de momento se determina la resistencia de la protección a la fuerza transversal de choque.

Se determina el valor de la resistencia de la carga transversal de un poste:

$$P_p = \frac{57.99 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{810 \text{ mm}} = 71592.6 \text{ N}$$

La separación entre postes es de 2m, la longitud de distribución de la fuerza transversal es $L_t = 1070\text{mm}$.

Se determina el valor de la resistencia de la protección para los tres modos de falla posibles como lo indican las especificaciones AASHTO LRFD.

- **Modo de Falla para un tramo**

$$R1 = \frac{16Mp}{2NL - Lt} \quad (50)$$

$$R1 = \frac{16 * 108.72x10^6}{2 * 1 * 2000 - 1070} = 593692.8N$$

- **Modo de Falla para un tramo**

$$R2 = \frac{16Mp + N^2 \cdot P_p \cdot L}{2NL - Lt} \quad (51)$$

$$R2 = \frac{16 * 108.72x10^6 N \cdot mm + 2^2 * 71592.6N * 2000mm}{2 * 2 * 2000mm - 1070mm}$$

$$R2 = 333660N$$

- **Modo de Falla para un tramo**

$$R3 = \frac{16M_p + (N - 1)(N + 1)P_p \cdot L}{2NL - Lt} \quad (52)$$

$$R3 = \frac{16 * 108.70x10^6 N \cdot mm + (3 - 1)(3 + 1) * 79512.6N * 2000mm}{2 * 3 * 2000mm - 1070mm}$$

Para determinar la resistencia de la protección lateral se toma la menor resistencia de los tres modos de falla posible. Se verifica que se cumplan las restricciones establecidas para las protecciones vehiculares de comportamiento TL-4.

$$R \geq F_T = 240kN$$

$$275.55kN > 240kN$$

La Resistencia Nominal a la carga transversal es mayor que la Fuerza Transversal Estandarizada prevista para el comportamiento de una protección lateral vehicular tipo 4 (TL-4).

Tabla 33.

Resultados Protección Metálica

Mn	57,99x10⁶ N.mm	Momento resistente del poste
Mnv	108,72x10 ⁶ N.mm	Momento resistente de la valla
Pp	71592,6 N	Resistencia última en un poste
R1 – R2 – R3	593,69kN – 333,66kN – 275,55Kn	Resistencias de la protección para los tres modos de fallas posibles. Se escoge la menor de las tres.
R≥Ft	275,55kN>240kN	Condición de diseño

Diseño de la placa base

El material seleccionado para las placas base es acero de grado A36 según la norma ASTM, cuyas especificaciones son:

Densidad de 7860 kg/m³

Límite de fluencia de 250 MPa

Límite de rotura de 410 MPa

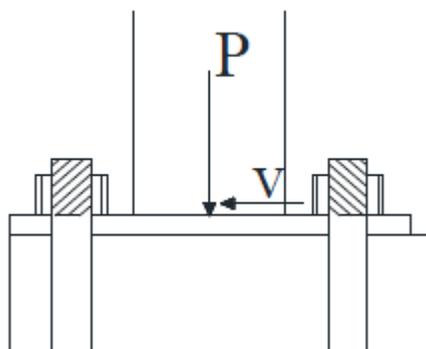


Figura 148. Cargas en placa base

Fuente: (AASHTO. LRFD Bridge Design Specifications, 2004)

Cargas y solicitaciones: La carga P está determinada por el peso del poste y vallas vehiculares además de la carga vertical F_v de 80000N distribuida en 5500mm en cada valla vehicular, en este caso se tiene 3 vallas vehiculares.

$$P_1 = 3 * 80.000N = 240.000N$$

$$P_2 = A * \delta_{acero} * H \quad (53)$$

Donde

P_2 : Peso del poste

δ_{acero} : Densidad del acero =7860kg/m³

A : Area del perfil

H : Altura del poste

$$P_2 = 0.0023m^2 * 7860kg/m^3 * 1.0m$$

$$P_2 = 18.08kg (180N)$$

$$P_3 = 3 * 0.0042m^2 * 7860kg/m^3 * 2m$$

$P_3 = 198.1kg (1940N) \rightarrow$ *Peso de vallas vehiculares*

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P = 240.000 + 180 + 1940 = 242120 N$$

El momento en el poste está dado por la fuerza transversal multiplicada por la altura H_e .

$$M = P_p * H_e \quad (54)$$

$$M = 71.59kN * 810mm = 57987.9kN . mm$$

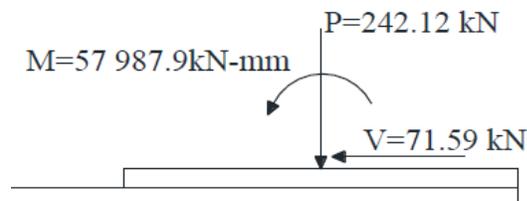


Figura 149. Solicitaciones en placa base

Para estas solicitaciones se determina el valor de excentricidad e .

$$e = \frac{M}{P} \quad (55)$$

$$e = \frac{57987.9kN . mm}{242.12 kN} = 239.5mm$$

La resultante se sitúa fuera del 1/3 del ala del poste, debido a esto se toma momentos con respecto al punto extremo del poste ya que el momento es absorbido por los pernos de anclaje.

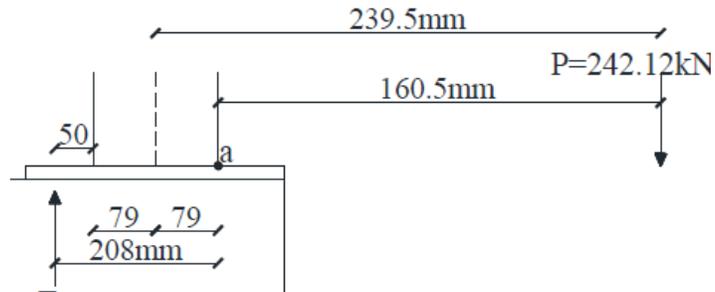


Figura 150. Análisis para pernos de anclaje sometidos a tensión

$$P * 160.5 = T * 208$$

$$T = \frac{242.12 \text{ kN} * 160.5 \text{ mm}}{208 \text{ mm}} = 186.8 \text{ kN}$$

Los pernos deben absorber la fuerza T , si se usa pernos de $58 \text{ ksi} = 399.9 \text{ MPa} = 399.9 \text{ N/mm}^2$.

$$A_{perno} = \frac{T}{0.75 \cdot \phi \cdot F_{perno}} \quad (56)$$

Donde

A_{perno} : Área requerida para perno

F_{perno} : Esfuerzo de fluencia de perno

ϕ : Factor de reducción de resistencia

$$A_{perno} = \frac{186800 \text{ N}}{0.75 * 0.75 * 399.9 \text{ N/mm}^2}$$

$$A_{perno} = 830.4mm^2$$

Se usa 3 pernos de $\varnothing 19mm$, $A=850.59mm^2$.

Se asume una distribución triangular de presión bajo la placa base y la carga ejercida sobre la placa es:

$$P_{total} = 186.8 + 242.12 = 428.92 kN$$

La placa está apoyada sobre el tablero de hormigón.

Se adopta que el tablero de hormigón tiene una resistencia de diseño de $f'c=240kg/cm^2$

$$Fp = 1.7f'c \quad (57)$$

$$Ap = \frac{P_{total}}{\varnothing c * Fp} \quad (58)$$

Donde

Ap : área de placa base

$F'c$: resistencia a la compresion del hormigon

P_{total} : Carga a la que esta sometida la placa base

$\varnothing c$: factor de resistencia para aplastamiento en hormigon

$$Ap = \frac{428920 N}{0.6 * 1.7 * 23.54 N/mm^2} = 17863.6mm^2$$

Si el ancho B y el largo L de la placa base es el mismo, entonces necesitamos una placa de 133mm x 133mm, la cual es muy pequeña para alojar al poste, por esta razón se usa una placa base de 250mm x 200mm.

El valor del esfuerzo en el hormigón del tablero del puente donde se apoya la placa base es:

$$q = \frac{428920 \text{ N}}{250\text{mm} * 200\text{mm}} = \frac{8.58\text{N}}{\text{mm}^2}$$

El esfuerzo admisible de aplastamiento en el hormigón es:

$$q_{adm} = 0.85 f' c \quad (59)$$

$$q_{adm} = 0.85 * 240 \text{ kg/cm}^2 \text{ (20MPa)}$$

$$8.58\text{MPa} < 20\text{MPa}$$

La presión ejercida en el hormigón del tablero es menor que la admisible por tanto se elige la placa de 250mm x 200mm para la base del poste.

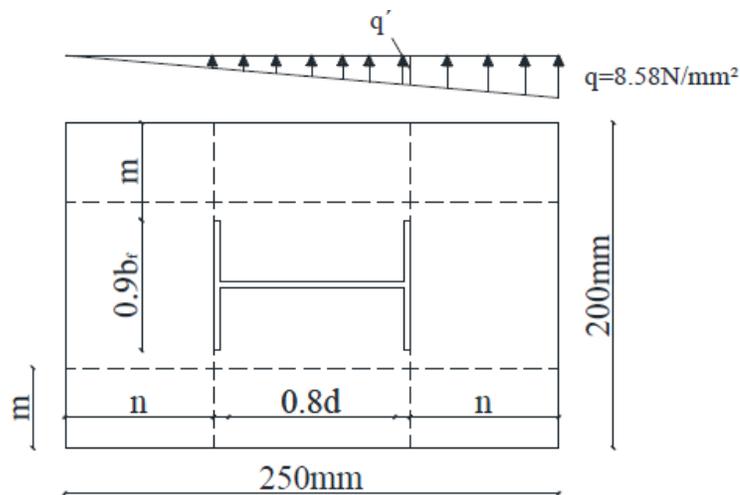


Figura 151. Presión en la placa base

El valor de q' es la presión ejercida en la placa a la distancia n desde el filo de la placa y se la determina mediante relación de triángulos. Se determina la dimensión n para así establecer el momento que soporta la placa ya que en este sector el momento es crítico.

$$2n + 0.8d = 250$$

$$n = \frac{250 - 0.8 * 157.5}{2} = 62mm$$

$$q' = 6.45 N/mm^2$$

El momento en la placa base es igual a:

$$m = \frac{(q - q')n^2}{3} + \frac{q'n^2}{2}$$

$$m = \frac{(8.58 - 6.45) * (62mm)^2}{3} + \frac{8.58 * (62mm)^2}{2}$$

$$m = 19220N.mm \text{ para } 200mm \text{ de placa}$$

El espesor de la placa está dado pr la expresión:

$$t = \left(\frac{6m}{\phi_b * Fy} \right)^{1/2} \quad (60)$$

Donde

t : espesor de la placa

m : Momento de flexion en la placa base

ϕ_b : factor de resistencia: 0.9

$$t = \left(\frac{6 * 19220}{0.9 * 248.21N/mm^2} \right)^{1/2} = 22.7mm$$

Análisis de pernos de anclaje a esfuerzo cortante:

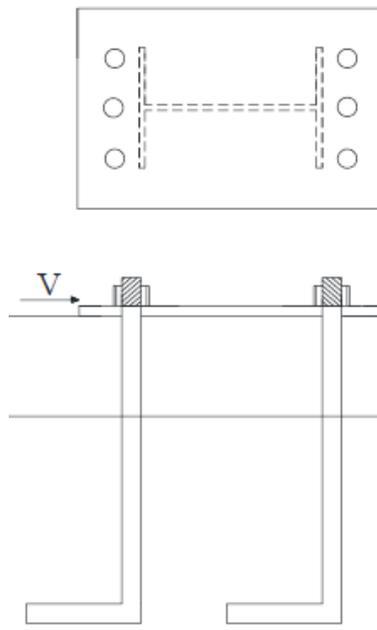


Figura 152. Pernos de anclaje

El esfuerzo de corte en la sección debe ser menor o a lo sumo igual al esfuerzo admisible al corte del perno.

Se debe determinar el diámetro de los pernos, para este caso se considera 6 pernos de acero para el anclaje del poste, determinando el diámetro de cada uno y se chequea el los esfuerzos a los que están sometidos como se muestra en la Figura 134.

Se chequea si los pernos elegidos para soportar tensión son suficientes para resistir el corte transmitido por el poste a la placa base.

La sección que resiste al corte es cuatro veces la sección de un perno como se puede ver en la Figura 134, el perno es de 19mm de diámetro y tiene un área de 283,53mm².

La fuerza de corte es:

$$V = 71.59kN$$

$$fv = \frac{V}{6 * A_{perno}} \quad (61)$$

$$fv \leq \phi v . Fy$$

$$\phi v = 0.8$$

$$fv = \frac{715900N}{6 * 283.52mm^2} = 420.84 N/mm^2$$

Para los pernos elegidos que son de 19mm de diámetro.

$$\phi v . Fy = 0.8 * 248.21 = 198.57 N/mm^2$$

$$420.84N/mm^2 > 198.57N/mm^2$$

Los pernos no resisten el esfuerzo cortante al que están sometidos, por esta razón se elije 8 pernos de 25mm $A_{perno} = 490.87 \text{ mm}^2$ para el anclaje.

$$fv = \frac{715900 N}{8 * 490.87 \text{ mm}^2}$$

$$fv = 182.3 N/mm^2$$

$$182.3 N/mm^2 > 198.57N/mm^2$$

- **COSTOS**

Se realiza el APU para este rubro de protección:

RUBRO: 2
Protección lateral de poste y vallas metálicas

UNIDAD: M
Rendimiento: 0,10

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor		0,07			
SUBTOTAL					0,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNADA/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	2,00	3,26	6,52	0,10	0,65
Perfilero	1,00	3,48	3,48	0,10	0,35
Maestro mayor en ejecucion de obras civiles	1,00	3,66	3,66	0,10	0,37
SUBTOTAL					1,37
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Poste tipo H = 160x150x8 (mm)	u	1,00	38,43	38,43	
Tubo rectangular 100x150x6 (mm)	u	3,00	110,20	330,60	
Pernos 25mm	u	8,00	1,00	8,00	
CONTINÚA 					
Placa 350x200x30 (mm)	u	1,00	35,00	35,00	
SUBTOTAL					412,03
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					413,40

4.1.7.3 Barrera Roll Defender



Consiste en un sistema de rodillos que absorben la fuerza del impacto de los vehículos mediante el giro controlado de una serie de rodillos auto frenados que re direccionan los vehículos al arroyo vehicular, reduciendo el índice de mortalidad y disminuyendo la gravedad de las lesiones en accidentes automovilísticos ocurridos en carreteras, vías de alta y baja velocidad. Se colocan con dos líneas de rodillos, para vías de alta velocidad y con tres líneas de rodillos para soportar impactos de vehículos pesados, brindando mayor seguridad y protección a los conductores.

Cumple con el el nivel de contención NC-3 de barreras de contención de orilla de corona y de separación de sentidos de circulación conforme a la tabla 2 de la NOM-037-SCT2-2012.

Nivel de Contención	Vehículos que contiene y redirecciona			Prueba		
	Designación	Vehículo	Masa Vehicular (kg)	Nivel de prueba	Velocidad de impacto (km/h)	Ángulo de impacto (Grados)
NC-3	Ap	Automóvil	820	3	100	20
	Ap	Camioneta	2000		100	25

- **DISEÑO**

Van en secciones de 6.0m para curvas amplias y tramos rectos y en secciones de 2.67m para curvas cerradas.

Para su instalación:

- La altura del eje de simetría longitudinal de la defensa de dos rodillos deberá estar localizada a 61cm (+-2cm) por encima del nivel del hombro de acotamiento
- La unión entre tramos deberá hacerse con piezas de PTR que queden alojadas en el interior de los PTRs de contención sin haya partes o tornillos salidos.
- Para la colocación de los postes de anclaje de 2.19m estos se hincarán a una profundidad de 1.175m, por debajo de la superficie del pavimento adyacente.
- La instalación de los postes se hará manual, y la excavación será rellena con concreto hidráulico de $f'c=100\text{kg/cm}^2$.
- La separación entre ejes de los postes de anclaje será de 1.332m.
- Los extremos de los tramos de defensa de dos rodillos que se encuentren contiguos a una barrera metálica de tres crestas deberán ser conectados mediante una zapata de conexión para barrera de tres crestas deberán ser conectados mediante una zapata de conexión para barrera de tres crestas mediante tornillos cabeza de coche con tuerca, con el fin de evitar espacios entre dichos elementos y la propia defensa de dos rodillos.

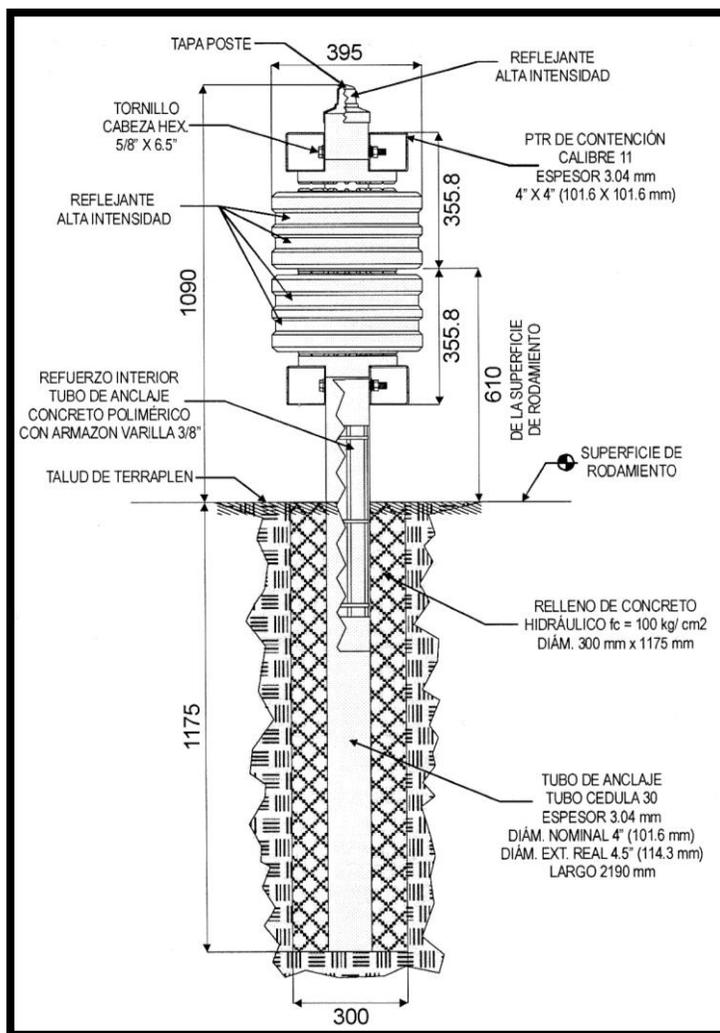


Figura 153. Poste de anclaje barrera de dos rodillos/Vista Frontal (mm)

Fuente: (Dakmatraffic Construcción y Señalización Vial Cia. Ltda, 2016)

- **COSTOS**

Este producto es importado desde México por 2500dol por metro lineal cuesta lo mismo en rectas y curvas y el precio no incluye la instalación.

4.1.7.4 Comparación entre elementos de protección vial

Para escoger la mejor opción tanto en resistencia como en costos se procede a realizar un cuadro comparativo de las cuatro alternativas de barandas explicadas anteriormente.

Tabla 34.

Cuadro Comparativo Elementos de Protección Vial.

Nombre	Resistencia	Costos/m
Barandas de seguridad de hormigón	293,47kN = 29,35T	92,83dol/m
Barandas de seguridad metálicas	275,55kN = 27,55T	413,40dol/m
Barrera Roll Defender	NC-3	2500dol/m

4.1.8 Señalización en el Proyecto

- *Vertical*

La señalización utilizada en el proyecto constará de las siguientes:

Señal regulatoria de 45cm/60cm se ubicará antes del cruce del intercambiador la Armenia 1 para ordenar a los ciclistas que se detengan y observen si pueden continuar su camino en condiciones de seguridad. Es señal será colocada en ambos sentidos.



RC1-1

Señal regulatoria de 45cm/60cm se ubicará en cada intersección de los carriles de vehículos motorizados que salen o ingresan a la Autopista General Rumiñahui, sirve para ordenar al ciclista la detención y ceder el paso en caso de que un vehículo se encuentre ingresando al carril, esta señal será colocada en ambos sentidos en todos los puentes de la autopista y en las esquinas de la avenida es decir cuando la ciclo vía se encuentre en espaldón en la zona urbana.



RC1-2

Esta señal regulatoria de 75cm/90cm sirve para advertir al conductor de un vehículo que se encuentran ciclistas en el espaldón de la vía, será acompañada con la señal complementara RC4-3 de 60cm/30cm se ubicarán cada 200 metros a partir del cruce del intercambiador la Armenia 1



RC2-6



RC4-3

Esta señal regulatoria de 75cm/75cm indica que antes de girar a la derecha los vehículos deben detenerse y si existe ciclistas cederles el paso. Esta señal se ubicará en cada calle que ingrese a la autopista generalmente se las encuentra en cada puente de la autopista.



RC2-3.

Esta señal preventiva de 75cm/75cm se utilizará para advertir a presencia de ciclistas en la vía o en las próximas vías, se las ubicará a 200 metros y 100 metros antes que los vehículos ingresen a la autopista por las calles transversales existentes en cada puente.



PC6-4

- ***Horizontal***

Se demarcará la ciclovía en todo su largo con una línea de color amarillo en el centro identificándola como bidireccional y a los dos lados de todo su ancho es decir los 3m con una línea de color blanco para dividir los dos espacios para ciclistas y peatones,

adicional se pintarán en el suelo símbolos de bicicletas para identificar la zona como espacio destinado únicamente a ciclistas y los peatones puedan transitar en el espacio destinados para ellos.

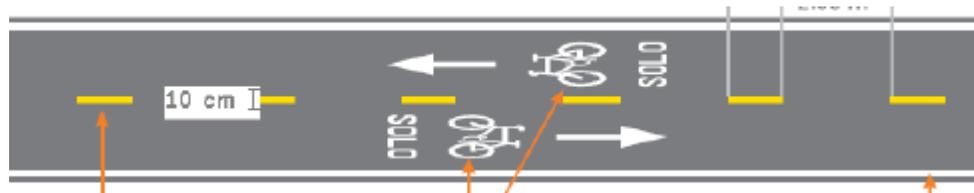


Figura 154. Señalización horizontal en ciclovía

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013)



Figura 155. Ejemplos de una ciclovía y acera unidas

Fuente: Fotos de internet

4.1.9 Diseño de Intersecciones o cruces

Al ser una vía de alto tráfico vehicular ya caracterizada anteriormente y considerando la demanda que posee, para los cruces que realizarán los ciclistas de un lado de la autopista hacia el otro la única alternativa que se presenta a continuación es la de utilizar los puentes peatonales los cuales son nueve estructuras ya existentes que cubren el área en la que se desarrollará el proyecto.



Figura 156. Puente peatonal que une dos lados de la AGR.

Se presentará para esto dos alternativas de conexiones que utilizarán los puentes peatonales:

1. Sistema de poleas

Como su nombre lo indica un sistema de poleas está formado por más de una polea, en este caso se implementará un elevador de bicicletas similar al sistema que utilizan los soportes para colgar bicicletas en los techos, formado por cinco poleas, tres fijas y dos móviles, la polea es una máquina antigua de transmisión de fuerza que sirve para levantar pesos con una menor cantidad de esfuerzo, la fuerza que se requiere para levantar un objeto depende del número de poleas que se utilice, en este caso las bicicletas varían su peso dependiendo de su uso, tipo, etc., es decir las bicicletas de montaña, carrera o turismo, de niños o adultos no pesarán igual, estos pesos varían de 5kg a 20kg, con cinco poleas la fuerza que se necesitará para levantar en el caso más extremo una bicicleta de 20kg será 4kg, una fuerza muy por debajo del promedio que puede levantar una persona adulta. Este sistema de poleas levantará una fuerza de máximo 20kg.



Figura 157. Elevación de una bicicleta por medio de un sistema de poleas.

Para la instalación de este sistema en los puentes peatonales se utilizarán soldaduras que brinden mayor seguridad de soporte.

Un sistema de poleas para elevar las bicicletas y colgarlas en el techo para guardarlas cuesta alrededor de 62.50dol, el sistema de poleas que se empleará en los puentes no es el mismo sino que se asemeja en la forma pero la colocación se realizará por soldadura a las vigas que sostienen el techo del puente, además se debe reemplazar los pasamanos de un lado del puente para colocar una puerta del mismo material que permita a los usuarios abrir y cerrar al momento de subir su bicicleta.



Figura 158. Pasamanos que se reemplazarán para recibir las bicicletas.

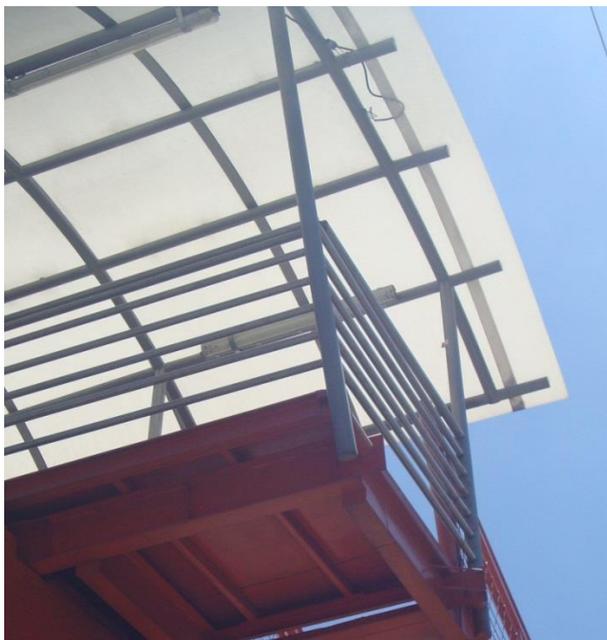


Figura 159. Vigas en las cuales se instalarán las poleas

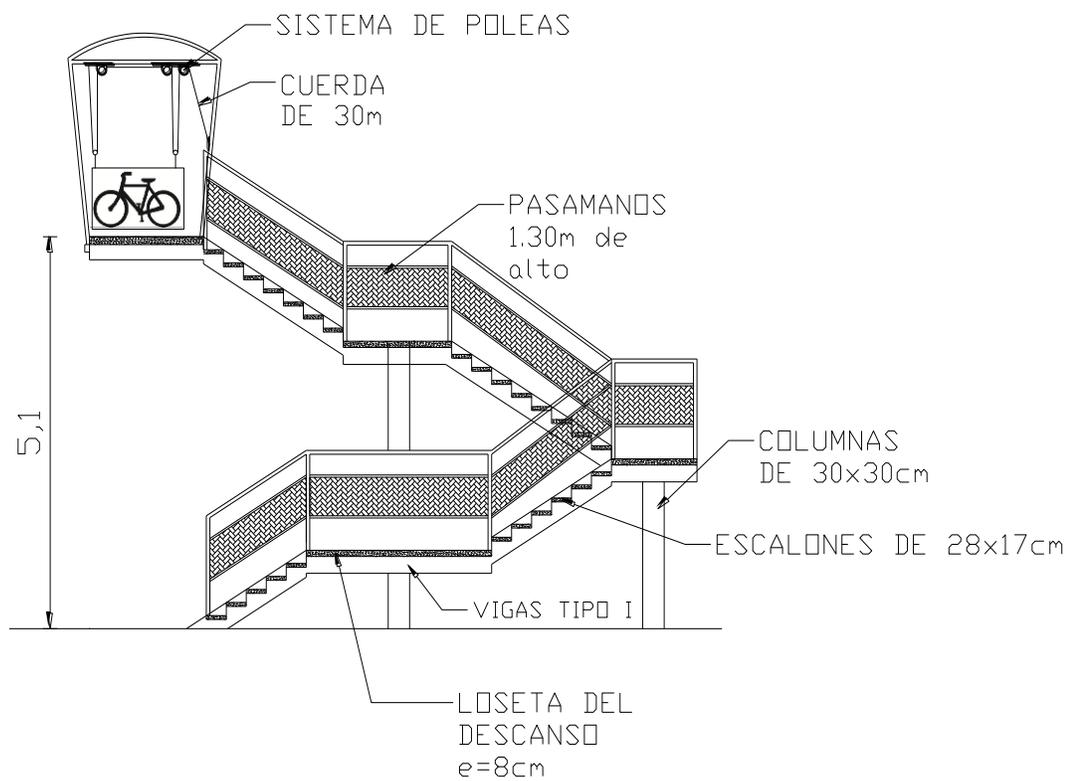


Figura 160. Esquema de la instalación del sistema de poleas

2. Diseño de rampas.

La segunda alternativa es la colocación de rampas de 20cm de ancho que se emplearán únicamente para la movilidad de la bicicleta, no se utilizará este espacio para que el ciclista suba al puente montado en su bicicleta porque las pendientes de las rampas serán altas, por esta razón el ciclista deberá bajarse de su bicicleta y subir caminando por las gradas y utilizar la rampa para llevar cómodamente su bicicleta a un lado.

Se observó que actualmente existen personas que levantan sus bicicletas por las gradas lo que significa que la existencia de una pequeña rampa de 20cm de ancho beneficiaría mucho a su situación actual, como se ve en la Figura 161.



Figura 161. Situación actual de ciclistas.

Se utilizará el mismo espacio existente para las gradas considerando que las cargas que se transmitirán serán pocas, se soldadura una placa antideslizante de 20cm a los perfiles de las gradas y se colocarán nuevos pasamanos que nos brinden un espacio más amplio para la movilidad de la bicicleta.

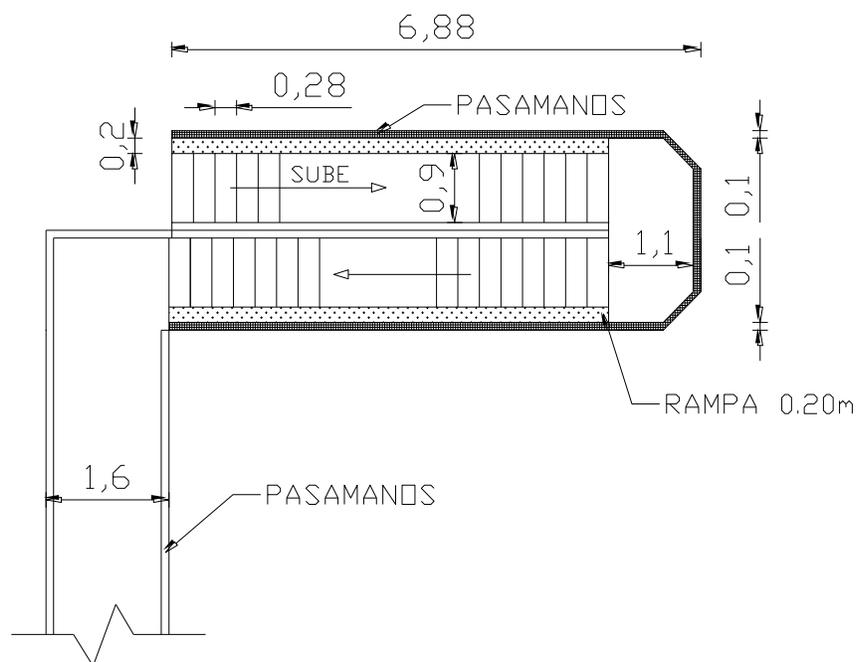


Figura 162. Esquema de la colocación de las rampas



Figura 163. Pancha Antideslizante
Fuente: (Catálogo Novacero, 2016)

Tabla 35.
Análisis de las dos alternativas

Tipo de Conexión	Costo (dol)	Ventajas	Desventajas
Sistema de Poleas	<ul style="list-style-type: none"> - 5 Poleas = 75,00dol - 30m de cuerda = 80,00dol - Mano de obra (USD/h) = 10,00 - Puertas de aluminio = 60,00dol - Total x 9 puentes x 2 entradas a cada lado = 225,00x18=4050,00dol 	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil instalación 	<ul style="list-style-type: none"> - Inseguridad de robos. - Puerta para la recepción de la bicicleta presenta una oportunidad de accidentes para niños. - Mayor costo
Rampas	<ul style="list-style-type: none"> - Plancha antideslizante (1,22mx2,44m) = 80dol - Mano de obra (USD/h) = 30,00 - Total (15 planchas + 4 horas por puente)= 2280dol 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor comodidad para el usuario - Seguridad - Menor costo 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución a 0.90m el ancho útil de las gradas para peatones - Mayor tiempo de instalación.

4.1.10 Cálculo de Movimiento de Tierras

Para la determinación del volumen de tierras comprendido entre dos perfiles transversales consecutivos, normales al eje de una carretera en este caso de una ciclovía debe considerarse las superficies de corte o relleno que dichas secciones presentan y la distancia entre ellas.

4.1.10.1 Métodos de Cálculo

Todos los métodos de cálculo tanto manuales como computacionales suponen que el terreno mantiene su configuración entre las secciones extremas consideradas, o que las variaciones que presentan son moderadas y se producen de manera uniforme, de allí, en general, las secciones no deben distar más de 20 m.

Calculo Manual:

Si se enfrentan secciones homogéneas del mismo tipo, corte-corte o relleno-relleno, la expresión de cálculo del volumen tradicional está dada por:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} * d \quad (62)$$

Dónde:

S1y S2= Superficies comprendidas entre la línea del terreno y la línea del proyecto para cada sección.

d = distancia entre las secciones consideradas

Esta fórmula simple corresponde a una aproximación de la expresión del cálculo del volumen del cuerpo denominado prismatoide. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

Para el caso de secciones mixtas en que el punto de corte entre el terreno y la plataforma se enfrenta. Se calcula por separado el volumen de corte y de relleno empleando la fórmula para secciones homogéneas.

Calculo Computacional:

Utilizando cualquier software existente en el mercado se dibujan las secciones transversales del proyecto, obteniendo las áreas de las figuras con mucha precisión y rapidez, el método requiere el desarrollo de rutinas especiales, pero asegura que todas las secciones enfrentadas entre planos paralelos tienen una misma base y por lo tanto es lícito aplicar el promedio de la sumatoria de dos áreas consecutivas multiplicado por la distancia entre ellas, cuando se tiene secciones homogéneas, para el caso de secciones mixtas se calcula por separado el volumen de corte y relleno en cada sector. La sumatoria de los volúmenes parciales de cada sector será el volumen total requerido. Las secciones transversales del terreno se pueden determinar mediante los siguientes métodos:

- Descomposición en superficies parciales (triángulos, trapecios)
- Calculo a partir de las coordenadas de los vértices
- Utilización del Planímetro
- Método gráfico de las medianas

Se realizó el Movimiento de Tierras mediante el método computacional, utilizando el software AutoCAD CIVIL 3D 2014, para lo cual debe estar el reajuste en el diseño geométrico definitivo tanto en el alineamiento horizontal como vertical, sección típica, peraltes y sobre anchos para esta Ciclovía según la velocidad de diseño de la misma. Se adoptaron los taludes de corte y relleno, para definir los mismos en la Fase Definitiva.

Tanto para la alternativa uno como para la alternativa dos y tres se obtendrán las secciones hasta la absisa 7+660.

4.1.10.2 Alternativa 1

A continuación se presenta el resumen del movimiento de tierras por Km que el programa AutoCAD CIVIL 3D 2017 generó.

Tabla 36. Resumen movimiento de tierras – Alternativa 1

PROMEDIO DE VOLÚMENES POR KM				
TRAMO		CORTE (m3)	RELLENO (m3)	VOLUMEN TOTAL (C-R)
0+000.00	1+000.00	6348,42	945,49	5402,93
1+000.00	2+000.00	10325,05	690,27	9634,78
2+000.00	3+000.00	2550,07	4180,56	-1630,49
3+000.00	4+000.00	1914,46	7540,98	-5626,52
4+000.00	5+000.00	12289,05	8018,28	4270,77
5+000.00	6+000.00	17972,04	441,26	17530,78
6+000.00	7+000.00	554,23	3320,75	2222,48
7+000.00	7+240.00	113,51	156,19	-42,68
7+240.00	7+660.00	-30786,06	-3277,47	-27508,59
TOTAL		26269,77	22016,31	4253,46

4.1.10.3 Alternativa 2

Tabla 37. Resumen movimiento de tierras – Alternativa 2

PROMEDIO DE VOLÚMENES POR KM				
TRAMO		CORTE (m3)	RELLENO (m3)	VOLUMEN TOTAL (C-R)
0+000.00	1+000.00	2472,8	224,37	2248,44
CONTINÚA 				

1+000.00	2+000.00	2719,46	3518,04	-798,59
2+000.00	3+000.00	4367,68	2441,34	1926,34
3+000.00	4+000.00	3051,79	2605,74	446,05
4+000.00	5+000.00	4123,59	133,05	3990,54
5+000.00	6+000.00	6296,87	1327,11	4969,76
6+000.00	7+000.00	284,78	3752,18	-3467,39
7+000.00	7+660.00	1038,34	473,5	564,83
TOTAL		24355,31	14475,33	9897,98

4.1.10.4 Alternativa 3

Tabla 38. Resumen movimiento de tierras – Alternativa 3

PROMEDIO DE VOLÚMENES POR KM				
TRAMO		CORTE (m3)	RELLENO (m3)	VOLUMEN TOTAL (C-R)
0+000.00	1+000.00	2472,8	224,37	2248,44
1+000.00	2+000.00	8433,52	1458,77	6974,74
2+000.00	3+000.00	3852,17	1668,11	2184,06
3+000.00	4+000.00	2759,88	5307,29	-2547,41
4+000.00	5+000.00	-783,05	264	-1047,05
5+000.00	6+000.00	6296,87	1327,11	4969,76
6+000.00	7+000.00	284,78	3752,18	-3467,39
7+000.00	7+660.00	-1038,34	-473,5	-564,83
TOTAL		22278,63	13528,33	8750,32

4.1.11 Pre Cuantificación Económica

Para el cálculo de la pre-cuantificación económica primero se determina las cantidades de obra de los rubros, esto a su vez se lo realiza en función de los cálculos anteriores de:

- Dimensiones de la sección típica
- Diseño de las protecciones
- Diseño de las conexiones en los puentes
- Planos del diseño preliminar
- Cálculo de movimientos de tierra

4.1.11.1 Rubros y Cantidades de Obra

Rubro según el libro de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MTOP dice lo siguiente es el "Concepto de trabajo" (o trabajo específico), el servicio, la actividad o el bien, para el cual se han definido unidades de medida, calculado cantidades y previsto una compensación o pago.

En la tabla35 se indican los rubros con los que se va a trabajar para la realización del presupuesto los cuales son con los que trabaja actualmente el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador y se encuentran en el libro de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes.

Tabla 39.

Lista de Rubros

MOVIMIENTO DE TIERRA	
Sección 302	Desbroce - desbosque y limpieza
Sección 303	Excavación y Relleno
Sección 307	Excavación y Relleno para Estructuras
Sección 308	Acabado de la Obra Básica
Sección 309	Transporte
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	
Sección 402	Mejoramiento de la Subrasante
Sección 404	Bases
Sección 405	Capas de Rodadura
ESTRUTURAS	
Sección 503	Hormigón estructural
Sección 504	Acero de refuerzo
CONTINÚA 	

**INSTALACIÓN PARA CONTROL
DE TRÁNSITO Y USO DE LA
ZONA DE CAMINO**

Sección 703	Guardacaminos y barreras
Sección 705	Marcas Permanentes del Pavimento
Sección 708	Señales al lado de la Carretera

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002)

Las cantidad de obra es la cuantificación que se realiza de los elementos o rubros que se utilizarán para la realización del proyecto, lo primero que se debe hacer es identificar las unidades de medida de cada rubro, posteriormente se debe cuantificar los rubros elaborando los cálculos necesarios para cada uno de ellos y finalmente listar los materiales en forma ordenada con su respectiva información.

A continuación se presenta en la tabla el resumen de las cantidades de obra de los rubros considerados para la ejecución del proyecto para las tres alternativas. En el anexo 11 se presentará cómo se realizó el cálculo de las cantidades de obra.

Tabla 40. Rubros y Cantidades de Obra

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD ALTERNATIVA 1	CANTIDAD ALTERNATIVA 2	CANTIDAD ALTERNATIVA 3
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
302-1	Desbroce - desbosque y limpieza	Ha	3,83	3,83	3,83
303-2(2)	Excavación en suelo	m3	33991,05	32076,59	29999,91
309-6(2)	Transporte de material de mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado	m3/km	321441,744	174418,752	181295,936
402-2(1)	Mejoramiento de la Subrasante con suelo seleccionado	m3	13975,728	7583,424	7882,432
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					
308-2(1)	Acabado de la Obra Básica existente	m2	38300	38300	38300
404-1	Base granular clase 2	m3	7813,2	7813,2	7813,2
309-6(5)	Transporte de Base (D=23km)	m3/km	179703,6	179703,6	179703,6
405-6	Capa de Rodadura de hormigón asfáltico mezcado en planta (e=5cm)	m2	23439,6	23439,6	23439,6
309-6(4)	Transporte de material para capa de rodadura	m3/km	26955,54	26955,54	26955,54
				CONTINÚA	

405-1(1)	Asfalto MC 250 para imprimación	lt	46879,2	46879,2	46879,2
405-6	Capa de sellado	m2	23439,6	23439,6	23439,6
OBRAS DE ARTE MENOR					
307-3(1)a	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	548,96	548,96	548,96
503(3)	Hormigón estructural de cemento portland clase C para cunetas laterales ($f'c=180\text{kg/cm}^2$)	m3	1944	1944	1944
503(3)	Hormigón estructural de cemento portland clase C para desfogues de cunetas a alcantarillas ($f'c=180\text{kg/cm}^2$)	m3	2,63	2,63	2,63
503(2)	Hormigón estructural de cemento portland clase B para aceras ($f'c=210\text{kg/cm}^2$)	m3	1814,4	1814,4	1814,4
503(5)	Hormigón de cemento portland, clase B para muros de H. ciclopeo ($f'c=210\text{kg/cm}^2$)	m3	3946,25	93,75	2053,1
INSTALACIÓN PARA CONTROL DE TRÁNSITO Y USO DE LA ZONA DE CAMINO					

CONTINÚA



705-1	Marcas de pavimento (color amarillo y blanco/acrílica/ancho=10cm)	m	7940	7940	7940
705-1	Marcas de pavimento (color blanco/acrílica/ancho=15cm)	m	15880	15880	15880
705-3	Marcas de pavimento (símbolos, letras, flechas)	u	45	45	45
703-4	Protección lateral maciza de hormigón armado	m	7200	7200	7200
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC1-1/45x60)	u	2	2	2
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC1-2/45x60)	u	22	22	22
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC2-6/75x90)	u	5	5	5
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC2-3/75x75)	u	9	9	9
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC4-3/60x30)	u	5	5	5
708-5	Señales al lado de la Carretera (PC6-4a/75x75)	u	9	9	9
708-5	Señales al lado de la Carretera (PC6-4b/75x75)	u	9	9	9

**MITIGACIÓN DE IMPACTOS
AMBIENTALES**

CONTINÚA 

229-1	Indemnizaciones de predios	m2	110	2558,5	110
229-1	Expropiaciones de casas de hormigón	m2	576	3073	2131,5
302-2(2)	Remción de edificaciones, casas y otras construcciones	m2	576	3073	2131,5

4.1.11.2 Especificaciones Técnicas de Construcción

Son los documentos que definen los procedimientos que se deben aplicar en el proyecto, de las especificaciones dependen la fiscalización de cualquier trabajo por parte del dueño del proyecto, ya que sirven para llevar un seguimiento de la construcción, Para realizar los presupuestos de obra pública, el Gobierno del Ecuador a través del Ministerio de Transporte y Obras Públicas da a conocer la publicación “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes” MOP-001-F 2002.

4.1.11.3 Análisis de Precios Unitarios

En el análisis de precios unitarios de proyectos de construcción intervienen los costos directos e indirectos. Para este proyecto de prefactibilidad se realizará el análisis únicamente los costos directos los cuales son aquellos insumos necesarios para la realización del proyecto y como costos indirectos se considerará el 20% de los costos directos.

Los factores que intervienen para el análisis de los costos directos son los siguientes:

- Equipo

Como fuente de información para el costo de la maquinaria se emplea los manuales de maquinaria de obra en el país y empresas constructoras.

- Materiales

Los valores del costo de los materiales son los proporcionados por las empresas que cuenten con dichos materiales proporcionados en la revista de construcción de la CAMICON 2016.

- Mano de Obra

Para determinar el costo de la mano de obra se basa en los salarios mínimos por ley que nos indica la Contraloría General del Estado

En el Anexo 12 se indica los equipos, materiales y mano de obra que se utilizó para el cálculo de los APUs y en el anexo 13 se indica el análisis de los precios unitarios de cada uno de los rubros resumidos a continuación:

4.1.11.4 Presupuestos

Alternativa 1

COD.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARI O	TOTAL
MOVIMIENTO DE TIERRAS					178.718,26
302-1	Desbroce - desbosque y limpieza	Ha	3,83	326,34	1.249,88
303-2(2)	Excavación en suelo	m3	33.991,05	1,13	38.409,89
309-6(2)	Transporte de material de mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado	m3/km	321.441,74	0,24	77.146,02
402-2(1)	Mejoramiento de la Subrasante con suelo seleccionado	m3	13.975,73	4,43	61.912,48
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					292.574,54
308-2(1)	Acabado de la Obra Básica existente	m2	38.300,00	0,35	13.405,00
404-1	Base granular clase 2	m3	7.813,20	7,58	59.224,06
309-6(5)	Transporte de Base (D=23km)	m3/km	179.703,60	0,24	43.128,86
405-6	Capa de Rodadura de hormigón asfáltico mezcado en planta (e=5cm)	m2	23.439,60	5,51	129.152,20
309-6(4)	Transporte de material para capa de rodadura	m3/km	26.955,54	0,29	7.817,11
405-1(1)	Asfalto MC 250 para imprimación	lt	46.879,20	0,49	22.970,81
405-6	Capa de sellado	m2	23.439,60	0,72	16.876,51
OBRAS DE ARTE MENOR					1.025.377,86
307-3(1)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	548,96	0,84	461,13
503(3)	Hormigón estructural de cemento portland clase C para cunetas laterales (f'c=180kg/cm2)	m3	1.944,00	238,15	462.963,60
503(3)	Hormigón estructural de cemento portland clase C para desfuegos de cunetas a alcantarillas (f'c=180kg/cm2)	m3	2,63	139,78	367,51

CONTINÚA



503(2)	Hormigón estructural de cemento portland clase B para aceras (f'c=210kg/cm2)	m2	1.814,40	134,04	243.202,18
503(5)	Hormigón de cemento Portland, clase B para muros de H. ciclopeo (f'c=210kg/cm2)	m3	3.946,25	80,68	318.383,45
INSTALACIÓN PARA CONTROL DE TRÁNSITO Y USO DE LA ZONA DE CAMINO					698.520,41
705-1	Marcas de pavimento (color amarillo y blanco/acrílica/ancho=10cm)	m	7.940,00	0,83	6.590,20
705-1	Marcas de pavimento (color blanco/acrílica/ancho=15cm)	m	15.880,00	0,83	13.180,40
705-3	Marcas de pavimento (símbolos, letras, flechas)	u	45,00	10,02	450,95
703-4	Protección lateral maciza de hormigón armado	m	7.200,00	92,83	668.376,00
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC1-1/45x60)	u	2,00	135,06	270,12
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC1-2/45x60)	u	22,00	135,06	2.971,32
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC2-6/75x90)	u	5,00	207,23	1.036,15
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC2-3/75x75)	u	9,00	187,06	1.683,54
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC4-3/60x30)	u	5,00	118,93	594,65
708-5	Señales al lado de la Carretera (PC6-4a/75x75)	u	9,00	187,06	1.683,54
708-5	Señales al lado de la Carretera (PC6-4b/75x75)	u	9,00	187,06	1.683,54
MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES					187.578,24
229-1	Indemnizaciones de predios	m2	110,00	120,00	13.200,00
302-2(2)	Remoción de edificaciones, casas y otras construcciones	m2	576,00	2,74	1.578,24
229-1	Expropiaciones de casas de hormigón	m2	576,00	300,00	172.800,00
TOTAL: 2.382.769,31					

Alternativa 2

COD.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
MOVIMIENTO DE TIERRAS					112.951,50
302-1	Desbroce - desbosque y limpieza	Ha	3,83	326,34	1.249,88
303-2(2)	Excavación en suelo	m3	32.076,59	1,13	36.246,55
309-6(2)	Transporte de material de mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado	m3/km	174.418,75	0,24	41.860,50

CONTINÚA 

402-2(1)	Mejoramiento de la Subrasante con suelo seleccionado	m3	7.583,42	4,43	33.594,57
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					283.964,28
308-2(1)	Acabado de la Obra Básica existente	m2	38.300,00	0,35	13.405,00
404-1	Base granular clase 2	m3	7.813,20	7,58	59.224,06
309-6(5)	Transporte de Base (D=23km)	m3/km	179.703,60	0,24	43.128,86
405-6	Capa de Rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta (e=5cm)	m2	23.439,60	5,51	129.152,20
309-6(4)	Transporte de material para capa de rodadura	m3/km		0,29	0,00
405-1(1)	Asfalto MC 250 para imprimación	lt	46.879,20	0,49	22.970,81
405-6	Capa de sellado	m2	22.338,00	0,72	16.083,36
OBRAS DE ARTE MENOR					714.558,16
307-3(1)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	548,96	0,84	461,13
503(3)	Hormigón estructural de cemento portland clase C para cunetas laterales (f'c=180kg/cm2)	m3	1.944,00	238,15	462.963,60
503(3)	Hormigón estructural de cemento portland clase C para desfuegos de cunetas a alcantarillas (f'c=180kg/cm2)	m3	2,63	139,78	367,51
503(2)	Hormigón estructural de cemento portland clase B para aceras (f'c=210kg/cm2)	m2	1.814,40	134,04	243.202,18
503(5)	Hormigón de cemento Portland, clase B para muros de H. ciclopeo (f'c=210kg/cm2)	m3	93,75	80,68	7.563,75
INSTALACIÓN PARA CONTROL DE TRÁNSITO Y USO DE LA ZONA DE CAMINO					698.520,41
705-1	Marcas de pavimento (color amarillo y blanco/acrílica/ancho=10cm)	m	7.940,00	0,83	6.590,20
705-1	Marcas de pavimento (color blanco/acrílica/ancho=15cm)	m	15.880,00	0,83	13.180,40
705-3	Marcas de pavimento (símbolos, letras, flechas)	u	45,00	10,02	450,95
703-4	Protección lateral maciza de hormigón armado	m	7.200,00	92,83	668.376,00
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC1-1/45x60)	u	2,00	135,06	270,12
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC1-2/45x60)	u	22,00	135,06	2.971,32
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC2-6/75x90)	u	5,00	207,23	1.036,15
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC2-3/75x75)	u	9,00	187,06	1.683,54
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC4-3/60x30)	u	5,00	118,93	594,65



708-5	Señales al lado de la Carretera (PC6-4a/75x75)	u	9,00	187,06	1.683,54
708-5	Señales al lado de la Carretera (PC6-4b/75x75)	U	9,00	187,06	1.683,54
MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES					1.237.340,02
229-1	Indemnizaciones de predios	m2	2.558,50	120,00	307.020,00
302-2(2)	Remoción de edificaciones, casas y otras construcciones	m2	3.073,00	2,74	8.420,02
229-1	Expropiaciones de casas de hormigón	m2	3.073,00	300,00	921.900,00
TOTAL:					3.047.334,37

Alternativa 3

COD.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
MOVIMIENTO DE TIERRAS					113.579,98
302-1	Desbroce - desbosque y limpieza	Ha	3,83	326,34	1.249,88
303-2(2)	Excavación en suelo	m3	29.999,91	1,13	33.899,90
309-6(2)	Transporte de material de mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado	m3/km	181.295,94	0,24	43.511,02
402-2(1)	Mejoramiento de la Subrasante con suelo seleccionado	m3	7.882,43	4,43	34.919,17
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					292.574,54
308-2(1)	Acabado de la Obra Básica existente	m2	38.300,00	0,35	13.405,00
404-1	Base granular clase 2	m3	7.813,20	7,58	59.224,06
309-6(5)	Transporte de Base (D=23km)	m3/km	179.703,60	0,24	43.128,86
405-6	Capa de Rodadura de hormigón asfáltico mezcado en planta (e=5cm)	m2	23.439,60	5,51	129.152,20
309-6(4)	Transporte de material para capa de rodadura	m3/km	26.955,54	0,29	7.817,11
405-1(1)	Asfalto MC 250 para imprimación	lt	46.879,20	0,49	22.970,81
405-6	Capa de sellado	m2	23.439,60	0,72	16.876,51
OBRAS DE ARTE MENOR					872.638,52
307-3(1)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	548,96	0,84	461,13
503(3)	Hormigón estructural de cemento portland clase C para cunetas laterales (f'c=180kg/cm2)	m3	1.944,00	238,15	462.963,60
503(3)	Hormigón estructural de cemento portland clase C para desfuegos de cunetas a alcantarillas (f'c=180kg/cm2)	m3	2,63	139,78	367,51

CONTINÚA



503(2)	Hormigón estructural de cemento portland clase B para aceras (f'c=210kg/cm2)	m2	1.814,40	134,04	243.202,18
503(5)	Hormigón de cemento Portland, clase B para muros de H. ciclopeo (f'c=210kg/cm2)	m3	2.053,10	80,68	165.644,11
INSTALACIÓN PARA CONTROL DE TRÁNSITO Y USO DE LA ZONA DE CAMINO					698.520,41
705-1	Marcas de pavimento (color amarillo y blanco/acrílica/ancho=10cm)	m	7.940,00	0,83	6.590,20
705-1	Marcas de pavimento (color blanco/acrílica/ancho=15cm)	m	15.880,00	0,83	13.180,40
705-3	Marcas de pavimento (símbolos, letras, flechas)	u	45,00	10,02	450,95
703-4	Protección lateral maciza de hormigón armado	m	7.200,00	92,83	668.376,00
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC1-1/45x60)	u	2,00	135,06	270,12
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC1-2/45x60)	u	22,00	135,06	2.971,32
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC2-6/75x90)	u	5,00	207,23	1.036,15
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC2-3/75x75)	u	9,00	187,06	1.683,54
708-5	Señales al lado de la Carretera (RC4-3/60x30)	u	5,00	118,93	594,65
708-5	Señales al lado de la Carretera (PC6-4a/75x75)	u	9,00	187,06	1.683,54
708-5	Señales al lado de la Carretera (PC6-4b/75x75)	u	9,00	187,06	1.683,54
MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES					658.490,31
229-1	Indemnizaciones de predios	m2	110,00	120,00	13.200,00
302-2(2)	Remoción de edificaciones, casas y otras construcciones	m2	2.131,50	2,74	5.840,31
229-1	Expropiaciones de casas de hormigón	m2	2.131,50	300,00	639.450,00
TOTAL: 2.635.803,76					

RESUMEN DE ALTERNATIVAS

Presupuesto con expropiaciones:

	ALTERNATIVA 1	ALTERATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Costos	2'382.769,31	3'047.334,37	2'635.803,76
Costos de Cruces	2280	2280	2280
TOTAL	2'385.049,31	3'049.614,37	2'638.083,76

Presupuesto sin expropiaciones:

	ALTERNATIVA 1	ALTERATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Costos Directos	2'196.769,31	1'818.414,37	1'983.153,76
Costos de Cruces	2280	2280	2280
TOTAL	2'199.049,31	1'820.694,37	1'985.433,76

Presupuesto con la mitad de expropiaciones:

	ALTERNATIVA 1	ALTERATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Costos Directos	2'289.769,313	2'432.874,37	2'309.478,76
Costos de Cruces	2280	2280	2280
TOTAL	2'292.049,31	2'435.154,37	2'311.758,76

4.2. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la correcta evaluación y selección de alternativas se debe plantear los costos totales de cada solución vial, la cuantificación y valoración de beneficios. Establecer una evaluación económica y financiera-comercial; así como también un análisis multicriterio.

4.2.1 Criterios de Evaluación

El encadenamiento de objetivos permite determinar distintas estrategias alternativas que podrán contribuir al cambio de la situación actual a la situación futura.

Existen varios criterios de evaluación existentes pero para este proyecto se trabajarán con los siguientes:

- Criterio económico: costos de estructuras, costos de protecciones y costos de cruces en los puentes peatonales

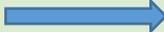
- Criterio de viabilidad técnica: se analizará la facilidad constructiva, sostenibilidad del proyectos, el diseño y construcción de los cruces para la interacción entre ambos lados de la autopista
- Criterio de Seguridad es uno de los más importantes se analizará la seguridad que ofrecen cada alternativa.
- Criterio de Afectaciones se calificará a cada alternativa según las afectaciones con viviendas, el medio ambiente y en zonas de reducción de velocidad que presenten.

4.2.2 Valoración de los Criterios

Se calificará de la siguiente manera:

Calificación	Criterio de Valoración
1	No favorable para el proyecto
2	Poco favorable para el proyecto
3	Favorable para el proyecto
4	Muy favorable para el proyecto
5	Óptimo para el proyecto

MATRIZ DE ALTERNATIVAS

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PESO Y CALIFICACIÓN MÁXIMA	Alternativa 1 Ruta Valle – Quito	PESO Alt. 1	Alternativa 2 Ruta Quito - Valle	PESO Alt. 2	Alternativa 3	PESO Alt. 3
ECONÓMICO:							
Costo de la infraestructura vial	10%	5	0,5	1	0,1	3	0,3
Costos de protecciones laterales	10%	5	0,5	3	0,3	3	0,3
Costo de Muros de sostenimiento	5%	1	0,05	5	0,25	3	0,15
Costos de cruces	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25
TÉCNICO:							
Facilidad constructiva	5%	3	0,15	5	0,25	4	0,2
Cruces de cambios de carril	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25
Sostenibilidad del proyecto con el tiempo	10%	2	0,2	5	0,5	3	0,3
Diseño de protecciones laterales	10%	5	0,5	5	0,5	5	0,5
				CONTINÚA			

SEGURIDAD:							
Cruces con intercambiadores	10%	1	0,1	2	0,2	2	0,2
Cruces con desvíos desde la autopista hacia los barrios ubicados a derecha e izquierda de la autopista	10%	2	0,2	2	0,2	2	0,2
AFECTACIONES:							
Indemnizaciones de viviendas	5%	5	0,25	1	0,05	3	0,15
Indemnizaciones de predios	5%	4	0,2	1	0,05	4	0,2
Ampliación de la calzada con puentes o muros	10%	1	0,1	5	0,5	3	0,3
CALIFICACIÓN OBTENIDA	5,00		3,25		3,40		3,30
PORCENTAJE OBTENIDO	100%		65,00%		68,00%		66,00%

La alternativa con mayor porcentaje es la alternativa 2 con 68.00%

4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL PROYECTO

El análisis de sensibilidad es una herramienta que permite conocer el riesgo que presenta el proyecto frente a algunos cambios de los egresos e ingresos del proyecto, es decir por medio de un análisis de sensibilidad se conoce hasta que punto el proyecto puede ser o no viable.

En proyectos privados el análisis de sensibilidad se basa en la rentabilidad económica que ofrece a futuro la inversión pero en el caso de proyectos públicos se debe analizar los beneficios sociales que ofrece la situación con proyecto frente a la situación sin proyecto, es por eso que se mencionarán varios beneficios sociales como ingresos del proyecto y los egresos del proyecto se obtendrá del presupuesto realizado en el numeral anterior.

Se trabajará con el presupuesto de la alternativa que obtuvo mejor calificación en el análisis de alternativas y se realizará el análisis de sensibilidad para los costos con expropiaciones.

Beneficios cuantificados como ingresos:

Se utilizó el automóvil Aveo de la marca Chevrolet para realizar un análisis de los gastos que se generan al utilizar el vehículo por kilómetro, se consideró para este estudio en particular que dos personas utilizan un vehículo, se tomó porcentajes de la población total, entre el 5% hasta el 70% que fue el porcentaje que estuvo de acuerdo con la creación de la ciclovía en la AGR y se consideró que las personas al utilizar la ciclovía se ahorrarían entre 1km a 8km diarios por 365 días, a continuación se resumirá los ingresos obtenidos para todos los aspectos antes mencionados y se considerará el valor medio del 50% de la población para realizar el análisis de sensibilidad.

Tabla 41. Gastos de Mantenimiento

Mantenimiento incluye:	N° km	Valor en \$	Valor para 1km
Cambio de aceite alineacion y balanceo	5000	45	0,009
Cambio de llantas	60000	320	0,005
Lavada	5000	10	0,002

Tabla 42. Gasto de Combustible

N° km	N° galones	Valor por galón	Valor para 1km
530	11	2,19	0,045

Tabla 43. Gastos en un año

	1km	Días	Valor / 1 año
Combustible	0,045 dol	365	16,59 dol
Mantenimiento	0,016 dol	365	5,96 dol
	Total		22,55 dol

Tabla 44. Ingresos Totales

Porcentaje de la población total (50680):		1 km	2 km	4 km	8 km
5%	2534	28573,32	57146,64	114293,28	228586,56
20%	10136	114293,28	228586,56	457173,12	914346,25
50%	25340	285733,20	571466,41	1142932,81	2285865,62
70%	35476	400026,48	800052,97	1600105,93	3200211,87

¿Qué es y cómo se calcula el van?

El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = Inversión\ inicial + \frac{FC_1}{(1+r)^1} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+r)^n}$$

Donde:

n: es el número de años

FC: es el flujo de caja que es igual a los ingresos menos los egresos o costos del proyecto

r: es la tasa de interés del mercado depende del tipo del proyecto

Para nuestro proyecto se ha considerado una tasa de interés del 12% porque es la tasa para un proyecto social en el mundo, y como inversión del proyecto se tomó del presupuesto el valor de la alternativa dos que es de 3'103.743,32. Adicional a esto cabe mencionar que se consideró un crecimiento en los ingresos del proyecto del 2% anual basándose en el crecimiento anual de la población del cantón Quito según datos obtenidos por el INEC, y como gastos anuales del proyecto se consideró el mantenimiento por 40.000 dol con un crecimiento anual del 3.49% que corresponde a la inflación anual prevista para el año 2017 según las previsiones macroeconómicas 2015-2018 realizadas por el Banco Central del Ecuador

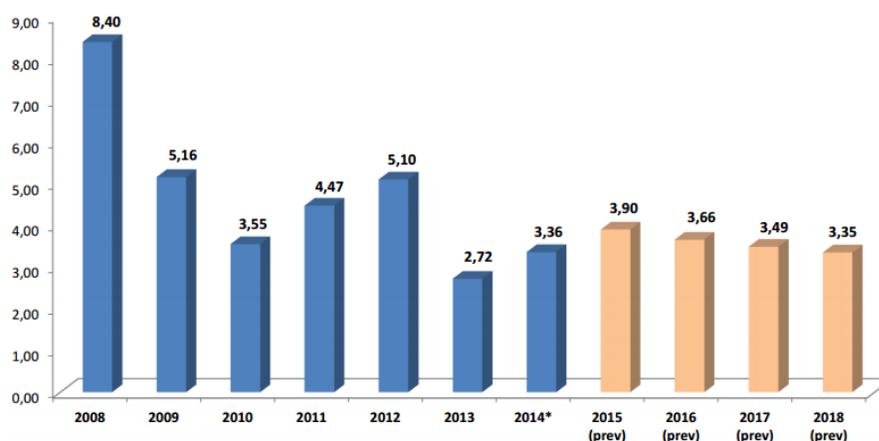


Figura 164. Inflación Anual 2015 – 2018

Fuente: INEC 2010

Se calculó el VAN para los valores explicados anteriormente y se obtuvo lo siguiente:

Tabla 45. Cálculo del VAN para un periodo de 10 años

Porcentaje de aumento anual en los ingresos	2,00%									
Porcentaje de aumento anual en los costos =	3,49%									
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos	1142932,8	1165791,4	1189107,3	1212889,4	1237147,2	1261890,1	1287127,9	1312870,5	1339127,9	1365910,5
Egresos = costos	40000,00	41396,00	42840,72	44335,86	45883,18	47484,51	49141,72	50856,76	52631,66	54468,51
Tasa de interés	12%									
Inversión Inicial	3049614,37									
Flujo de Caja	1102932,81	1124395,4 7	1146266,5 8	1168553,5 8	1191264,0 5	1214405,6 7	1237986,2 6	1262013,7 8	1286496,2 9	1311442,00

$$\text{VAN} = \boxed{3637127,00}$$

Ahora con estos valores indicados en la tabla 44 se procede a realizar el análisis de sensibilidad para los siguientes escenarios:

- Si el costo del proyecto aumenta en un 10%, 20% hasta el 50%.
- Si los ingresos disminuyen en un 10% hasta un 50%.

Se presenta en la **Tabla 46** el resumen de las variables del VAN para cada evento y en rojo los valores negativos los cuales indican el momento en que el proyecto deja de ser viable al presentar un Valor Actual Neto inferior a cero.

Tabla 46.
Variación del VAN

	Costos	10%	20%	30%	40%	50%
Ingresos	3637127,00	3306489,24	2975851,49	2645213,74	2314575,99	1983938,24
-10%	2942776,55	2612138,79	2281501,04	1950863,29	1620225,54	1289587,79
-20%	2248426,09	1917788,34	1587150,59	1256512,84	925875,09	595237,34
-30%	1554075,64	1223437,89	892800,14	562162,39	231524,64	-99113,11
-40%	859725,19	529087,44	198449,69	-132188,06	-462825,81	-793463,56
-50%	165374,74	-165263,01	-495900,76	-826538,51	-1157176,26	-1487814,01

Se observa que cuando los ingresos disminuyan un 40% y en ese mismo momento los costos aumenten un 30% el proyecto deja de ser factible económicamente

Es importante mencionar también el concepto del costo efectividad el cual es un índice que nos permite estimar el costo social de lograr los resultados e impactos del proyecto de inversión pública. Este índice se calcula de la siguiente manera:

$$CE = \frac{VAN}{Indicador\ de\ eficacia}$$

En este caso el indicador de eficacia son el 70% de la población que apoyó la idea de la implementación del proyecto, los cuales serían los primeros beneficiarios del proyecto

$$C/E = \frac{3'637.127,00 \text{ dol}}{35476 \text{ hab}} = 102,52 \text{ dol/hab}$$

CAPITULO V

5.1. CONCLUSIONES

- Se verificó la hipótesis planteada desde un inicio, sobre el respaldo positivo que tendría la implementación de una ciclovía paralela a la Autopista General Rumiñahui por parte de las personas encuestadas, el 70% de 386 personas encuestadas demostraron su entusiasmo con la iniciativa y dijeron SI a la creación de una ciclovía, que brinde seguridad y el espacio suficiente para la demanda de movilidad diaria que se les presenta.
- El estudio realizado constó de dos partes, la evaluación del proyecto como idea y el diseño técnico de los elementos que intervienen en una ciclovía, en la evaluación del proyecto se determinó hasta que grado la ciudadanía y las autoridades se involucrarían en la implementación del proyecto, se realizaron entrevistas las cuales se encuentran reflejadas en la matriz de involucrados, la Administración Zonal del Valle de los Chillos coordinada por el Msc. Santiago Cáceres mostró el interés de imitar el proyecto en las parroquias que dirige e implementar ciclovías de varios tipos.
- Se diseñaron tres alternativas de rutas, en sentido Quito – Valle se propusieron las rutas paralelas a la autopista por el borde derecho, izquierdo y mixta. Cada alternativa presenta presupuestos que varían por los obstáculos que presentan cada una, tales como movimientos de tierra elevados, quebradas y expropiaciones, los costos para las alternativas fueron los siguientes: Alternativa 1 (lado izquierdo) 2'385.049,31dol, alternativa 2 (lado derecho) 3'049.614,37, alternativa 3 (ambos lados) 2'638.083,76.
- El presupuesto referencial de la alternativa con mayor puntuación después de un análisis para la Ciclovía en el tramo Puente 1 – El Triángulo es de 3'049.614,37 por 8.22Km, valor que considera la implementación de varias obras adicionales importantes para la seguridad y correcto funcionamiento de la ciclovía.

- Para el diseño de las protecciones vehiculares laterales se consideró la norma ASSHTO LRFD 2005 la cual presenta una guía para el diseño de protecciones laterales para puentes, por la necesidad de resistencia que se requiere en esta vía en caso de un impacto por parte de los vehículos y sobreponiendo la seguridad de los usuarios de la ciclovía y acera.
- Al tratarse de un proyecto social y no generar directamente ingresos económicos, se consideró los ahorros de la población que utilizaría la ciclovía en un futuro como ingresos, basándose en el porcentaje de aprobación del proyecto, se tomó en cuenta solamente el 50% de la población que utilizarían la ciclovía en 4km que es menos de la mitad de la longitud total del proyecto, con estos datos se obtuvo un VAN de 3'637.127,00 lo cual nos da una idea de la factibilidad económica y se realizó un análisis de escenarios para conocer el momento en que dejaría de ser factible lo cual nos indicó que si solamente el 10% de la población utiliza la ciclovía en un tramo de 4 km y los costos aumentan en un 20% el proyecto sigue siendo viable con un VAN positivo de 198.449,69.
- En caso de que no se pueda obtener la cuantificación económica de un proyecto social se considera que los beneficiarios son directamente los usuarios de proyecto que en este caso son representados por el 70% (35.476) de los encuestados de una población de 50.680 habitantes. Para este caso se consideró el cálculo del Costo-Efectividad como un parámetro que nos permite estimar el costo social en caso de lograr los resultados e impactos del proyecto de inversión pública, para este proyecto se obtuvo un valor de 102, 52dol/hab.
- Para la realización del impacto ambiental se utilizó una matriz de doble entrada conocida como matriz de leopold para evaluar los impactos negativos y positivos que generan las actividades del proyecto frente a una lista de componentes ambientales, se sumaron las valoraciones y se obtuvo un impacto ambiental positivo,

tomando en cuenta que en este sector ya existe una autopista creada años atrás y los impactos ambientales son minorizados.

- Los lineamientos del diseño horizontal formados por las curvas y las tangentes fueron trazadas paralelas a la Autopista General Rumiñahui obteniéndose así curvas de radios muy amplios que dan seguridad a los ciclistas y deben utilizarla con una velocidad máxima de 40km/h. En el caso de los lineamientos del diseño vertical fueron trazados siguiendo de cerca la cota del terreno y de esa manera se buscó alcanzar la misma altura del terreno.
- Es importante mencionar que las curvas horizontales existentes en los intercambiadores del puente 3 y 8 no cumplen con el radio mínimo de 5m por motivo del reducido espacio que se tiene por los puntos que se requería que crucen los ciclistas, en esos sectores los ciclistas deberán detener su bicicleta y cruzar.
- En base a criterios internacionales sobre el diseño de protecciones laterales vehiculares se definió que la barrera de hormigón es la más apropiada en cuanto a seguridad-costo.
- Los valores de la sección típica y la propuesta de una ciclovía bidireccional de 3.0 m de ancho se da basándose en la demanda futura, ya que actualmente no existen suficientes ciclistas que justifiquen un proyecto de esta magnitud pero en base a observaciones de peatones que bordean la autopista para movilizarse de un puente a otro y a los accidentes de tránsito presentados en el capítulo 3 de este proyecto se busca la seguridad, comodidad y movilidad sustentable de los pobladores alrededor de la autopista.
- Por ser una vía de gran importancia, que conecta el Valle de los Chillos con la ciudad de Quito, solamente se han considerado las necesidades de los usuarios que utilizan vehículos motorizados y no se ha pensado en la necesidad, comodidad, seguridad de peatones ni ciclistas que evidentemente utilizan también esta vía de acceso

- La calificación de las alternativas puede variar dependiendo del nivel de importancia que el promotor del proyecto considere, en este caso se dio mayor puntuación a la seguridad de los usuarios y a los costos de la infraestructura mientras que se le dio una menor puntuación a la complejidad del diseño técnico y las afectaciones.
- Se considera factible el proyecto por los parámetros ya mencionados anteriormente, en resumen, ambientalmente no tiene mayores afectaciones porque existe ya una vía construida, técnicamente no presenta grandes obras de ingeniería más allá de las típicas en un proyecto de infraestructura vial de bajo costo, políticamente es un proyecto visible y llamativo, económicamente depende del presupuesto con el que cuente la entidad a cargo, es decir que si su presupuesto es menor a los 3'049.614,37 dólares económicamente no sería factible.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el estudio y diseño de una ciclovía segregada en vías de alto tráfico vehicular, ya que de esta manera el estudio de tráfico no es impedimento para la implementación de este tipo de proyectos, que busca la inclusión social.
- Se recomienda que la Agencia Nacional de Tránsito implemente radares de velocidad en toda la autopista, para que de esa manera disminuir la colocación de protecciones laterales de hormigón macizas a lo largo de toda la autopista e implementarlas únicamente en las curvas donde visiblemente existen mayores riesgos de accidentes, mejorando así la convivencia sana entre conductores, ciclistas y peatones.
- Que exista un estricto control en la AGR del cumplimiento de las leyes de tránsito, como velocidad de circulación y alcoholemia, considerar la reducción de la

velocidad máxima de circulación a 80km/h. Con el fin de reducir significativamente el número de accidentes en esta vía.

- Incluir la obligatoriedad del espacio y construcción de ciclovías junto a las aceras de las vías de las ciudades, en las ordenanzas municipales de todos los cantones del país para que al igual que las aceras estas sean parte de la infraestructura urbana.
- Organizar con los representantes de las cooperativas de transporte público e imponer la obligatoriedad de la movilización en el transporte público de ciclistas y bicicletas en caso de requerirlo.

BIBLIOGRAFÍA

(2005). Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías. Lima y Callao, Perú.

Plan Nacional de Ciclo Vías. (2016).

Análisis y Desarrollo Social de Consultores. (s.f.). Formulación de Proyectos Sociales con Marco Lógico. Madrid, España.

Cabrera, V. M. (2015). Estudio y Diseño de la Ciclovía Ballenita - San Pablo, Para Recreación y Bienestar de los Usuarios de la Provincia de Santa Elena. Quito.

Concejo Metropolitano de Quito . (2008). Ordenanza No. 3746 Normas de Arquitectura y Urbanismo para el Distrito Metropolitano de Quito. Quito.

Consejo Metropolitano de Quito. (2003). Ordenanza No. 3457 Normas de Arquitectura y Urbanismo. Quito.

CROW. (2006). Manual de Diseño para Tráfico de Bicicletas. Holanda.

Dakmatraffic Construcción y Señalización Vial Cia. Ltda. (2016). Barrera de rodillos Roll Defender.

Embajada del Ecuador en los Países Bajos. (2013). El Uso Masivo de la Bicicleta para el Buen Vivir.

Heredia, V. (10 de febrero de 2015). Siete cosas que debe saber de la autopista General Rumiñahui. El Comercio. Recuperado de <http://www.elcomercio.com/>

Instituto de Desarrollo Urbano, Alcaldía del Bogotá. (Mayo de 1999). Manual de Diseño de Ciclorutas. Bogotá, Colombia.

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2013). Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004 Señalización Vial. Parte 6. CICLOVÍAS. Ecuador.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). Censo de Población y Vivienda . Ecuador.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (1999). Estudio de Lluvias Intensas. Quito.

Manual para Implementar y Promocionar la Ciclovía Recreativa. Unidad de nutrición, estilos de vida saludables y enfermedades no transmisibles, Organización Panamericana de la Salud, La Vía RecreActiva de Guadalajara, Facultades de Medicina e Ingeniería de la Universidad de los Andes, Bogotá Colombia, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (2009).

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Santiago de Chile (2015). Construcción de Ciclovías.

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. Quito.

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (09 de Marzo de 2009). Ley de Caminos. Ecuador.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE). (2013). Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12). Volumen N 3 Especificaciones Generales Para La Construcción de Caminos y Puentes. QUITO, Ecuador.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). Volumen N°2 - Libro A Normas para Estudios y Diseños Viales. En Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12) (pág. 382). Quito, Ecuador.

Ministerio Transporte y Obras Públicas. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. Ecuador.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2012). Ciclovías una Nueva Alternativa de Transporte No Motorizado.

Municipio Metropolitano de Quito. (marzo de 2012). Plan Metropolitano de Desarrollo (PMDDMQ). Quito, Ecuador.

Paucar, M. L. (2015). Estudio de Tráfico en el Sector del Triángulo y Alternativas de Solución en la Intersección de las Avenidas Ilaló - General Rumiñahui. Quito, Ecuador.

Plan Nacional de Ciclo Vías. (2016). Recuperado de <http://www.cicloviasecuador.gob.ec>

Rodriguez, V. (2008). Formulación y Evaluación de Proyectos. México: Limusa. 456p.

Secretaría de Planificación de Transportes (SECTRA). (2009). Metodología para la Formulación y Evaluación de Planes Maestros de Ciclorutas. Santiago de Chile, Chile.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - SENPLADES. (24 de junio de 2013). Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017, Tomo I. Quito, Ecuador.

Universidad de Tennessee en Knoxville. (20 de Agosto de 2010). Link between walking, cycling and health. Science Daily.

University of New South Wales. "A Virtuous Cycle: Safety In Numbers For Bicycle Riders." ScienceDaily. ScienceDaily, 7 September 2008. www.sciencedaily.com/releases/2008/09/080903112034.htm

Wesura. (2016). Consejos y estilo de vida para ciclistas. Recuperado de <https://www.wesura.com/blog/>

(12 de Mayo de 2012). La bicicleta no es un medio de transporte en Los Chillos. La Hora. Recuperado de <http://lahora.com.ec/>

Vinueza, John. (2010). Ciclorumi. Plan de Interconexión entre la Macrocentralidad de Quito y el Valle de los Chillos. Documento de Estudio. Quito.

ANEXOS