



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Mejoramiento de la infraestructura del transporte en el Fuerte Militar “Grad. Marco Aurelio Subía”, sector La Balvina, parroquia Amaguaña**

Aragón Flores, Juan Diego; Bahamonde Coyago, Camila Yessena; Cacuango Ruiz, Bayardo Gabriel; León Garrido, Carlos Alberto; Mancheno Criollo, Carlos Eduardo y Potosí Toledo, Jefferson Guillermo

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería de Ingeniería Civil

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Morales Muñoz, Byron Omar MSc.

20 de septiembre de 2021



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** TESIS  
 Aragon\_Bahamonde\_Cacuango\_Leon\_Mancheno\_Potosi.pdf  
 (D112304715)  
**Submitted:** 9/9/2021 6:06:00 PM  
**Submitted By:** jc.altamiranoc@uta.edu.ec  
**Significance:** 4 %

### Sources included in the report:

TESIS CEVALLOS PAREDES - VARGAS VERGARA 5OCT.docx (D22203063)  
 TESIS BASTIDAS ANDRES-SOTO SEBASTIAN.docx (D75697845)  
 TESIS -Barzola-Navas -PROYECTO DE TITULACIÓN-.docx (D110291328)  
 ASITIMBAY\_JEFFERSON\_OÑA\_VIANEY\_TRABAJO\_TITULACIÓN\_VIAS\_SEPTIEMBRE\_2021.pdf  
 (D112062831)  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30348>  
[https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013\\_ConcursoPublico\\_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf)  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581516/REYNA\\_PP.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581516/REYNA_PP.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI\\_180.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf)  
[https://www.academia.edu/28667223/EL\\_CONO\\_DIN](https://www.academia.edu/28667223/EL_CONO_DIN)  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30639/1/Tesis%20I.%20C.%201374%20-%20Castro%20Robalino%20Julio%20David.pdf>  
<https://docplayer.es/209040085-Universidad-tecnica-de-ambato-facultad-de-ingenieria-civil-y-mecanica-carrera-de-ingenieria-civil.html>

<https://docplayer.es/209040085-Universidad-tecnica-de-ambato-facultad-de-ingenieria-civil-y-mecanica-carrera-de-ingenieria-civil.html>  
<https://docplayer.es/64850524-Universidad-de-guayaquil.html>  
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/32003/3/Tesis%20I.%20C.%201426%20-%20%20Pico%20Vaca%20Gabriela%20Estefan%C3%ADa.pdf>  
<https://docplayer.es/92606180-Universidad-politecnica-salesiana-sede-quito.html>  
<https://docplayer.es/182420815-Universidad-tecnica-de-ambato-facultad-de-ingenieria-civil-y-mecanica-carrera-de-ingenieria-civil.html>  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2222/1/T-UCE-0011-77.pdf>  
<https://docplayer.es/61091061-Universidad-politecnica-salesiana-sede-quito.html>  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29780/1/Tesis%20I.%20C.%201322%20-%20Tixe%20Granja%20Edisson%20Geovanny.pdf>  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50907/1/BMAT-V%20116-2019-Ing.%20CIVIL%20-%20D%C3%81GER%20PACHECO%20ENRIQUE%20MARAk%20-%20ORTIZ%20S%C3%81NCHEZ%20ALEX%20PA%C3%9AL.pdf>

Instances where selected sources appear:

26

Firma:

BYRON OMAR  
MORALES MUÑOZ

Firmado digitalmente por  
BYRON OMAR MORALES  
MUÑOZ  
Fecha: 2021.09.16 20:22:23  
-05'00'

.....  
**Ing. Morales Muñoz, Byron Omar MSc.**

C. C.: 1712565900



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de integración curricular, “**Mejoramiento de la infraestructura del transporte en el Fuerte Militar “Grad. Marco Aurelio Subía”, sector La Balvina, parroquia Amaguaña**” fue realizado por los señores **Aragón Flores, Juan Diego; Bahamonde Coyago, Camila Yessena; CAPT. De E. Cacuango Ruiz, Bayardo Gabriel; CAPT. De E. León Garrido, Carlos Alberto; CAPT. De E. Mancheno Criollo, Carlos Eduardo y Potosí Toledo, Jefferson Guillermo**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 20 de septiembre de 2021

Firma:

**BYRON OMAR  
MORALES MUÑOZ**

Firmado digitalmente por BYRON  
OMAR MORALES MUÑOZ  
Fecha: 2021.09.16 20:22:40  
-05'00'

.....  
**Ing. Morales Muñoz, Byron Omar MSc.**

C. C.: 1712565900



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Nosotros, Aragón Flores, Juan Diego con cédula de ciudadanía n° 1003420625; Bahamonde Coyago, Camila Yessena con cédula de ciudadanía n° 1719959270; CAPT. De E. Cacuango Ruiz, Bayardo Gabriel con cédula de ciudadanía n° 0919538124; CAPT. De E. León Garrido, Carlos Alberto con cédula de ciudadanía n° 1716496748; CAPT. De E. Mancheno Criollo, Carlos Eduardo con cédula de ciudadanía n° 1716674187 y Potosí Toledo, Jefferson Guillermo con cédula de ciudadanía n° 1003125406, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Mejoramiento de la infraestructura del transporte en el Fuerte Militar “Grad. Marco Aurelio Subía”, sector La Balvina, parroquia Amaguaña** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 20 de septiembre de 2021

**Aragón Flores, Juan Diego**  
C.C.: 1003420625

**Bahamonde Coyago, Camila Yessena**  
C.C.: 1719959270

**CAPT. E. Cacuango Ruiz, Bayardo  
Gabriel**  
C.C.: 0919538124

**CAPT. E. León Garrido, Carlos Alberto**  
C.C.: 1716496748

**CAPT. E. Mancheno Criollo, Carlos  
Eduardo**  
C.C.: 1716674187

**Potosí Toledo, Jefferson Guillermo**  
C.C.: 1003125406



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Nosotros, **Aragón Flores, Juan Diego** con cédula de ciudadanía n° 1003420625; **Bahamonde Coyago, Camila Yessena** con cédula de ciudadanía n° 1719959270; **CAPT. De E. Cacuango Ruiz, Bayardo Gabriel** con cédula de ciudadanía n° 0919538124; **CAPT. De E. León Garrido, Carlos Alberto** con cédula de ciudadanía n° 1716496748; **CAPT. De E. Mancheno Criollo, Carlos Eduardo** con cédula de ciudadanía n° 1716674187 y **Potosí Toledo, Jefferson Guillermo** con cédula de ciudadanía n° 1003125406, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Mejoramiento de la infraestructura del transporte en el Fuerte Militar "Grad. Marco Aurelio Subía", sector La Balvina, parroquia Amaguaña** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 20 de septiembre de 2021

**Aragón Flores, Juan Diego**  
C.C.: 1003420625

**CAPT. E. León Garrido, Carlos Alberto**  
C.C.: 1716496748

**Bahamonde Coyago, Camila Yessena**  
C.C.: 1719959270

**CAPT. E. Mancheno Criollo, Carlos Eduardo**  
C.C.: 1716674187

**CAPT. E. Cacuango Ruiz, Bayardo Gabriel**  
C.C.: 0919538124

**Potosí Toledo, Jefferson Guillermo**  
C.C.: 1003125406

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres por su amor incondicional y por su sacrificio para que yo pueda conseguir cada logro en mi vida, a mi hermana por ser mi inspiración en cada paso, a mi tía Moni por ser como mi segunda madre, y a todos mis amigos y personas especiales que me acompañaron en este camino y siempre creyeron en mí.

- Juan Diego Aragón

Es importante para mí, agradecer y dedicar el presente trabajo de investigación a Dios, que me ha dado fortaleza, sabiduría y amor. A mis amados padres y hermano, Bernarda, Francisco y Sebastián quienes son mi fuente de inspiración y motivación, mis logros, son debido a su apoyo incondicional para que pueda cumplir con éxito cada etapa en mi vida. Todo lo que soy, es gracias a ustedes. A mis amigos cercanos, por acompañarme en este camino que no ha sido sencillo, sobre todo, por compartir momentos inolvidables que guardo en mi corazón.

- Camila Bahamonde

Quiero empezar dedicando este trabajo a mi Dios todo poderoso, quien me brindó luz y sabiduría durante este trajinar, a mi hermosa familia; mi esposa e hijos que tuvieron que ver reducido su tiempo para que yo pueda dedicarlo a mis estudios y con apoyo y cariño estuvieron presentes en mis momentos de oscuridad, a mis padres y hermano que nunca se cansaron de brindarme su voto de confianza y decirme lo orgullosos que se sienten de mí y finalmente a todos quienes formaron parte de este caminar y que hoy en día como hermanos vemos nuestra meta alcanzar.

- Gabriel Cacuango

A las Fuerzas Armadas del Ecuador, institución que me brindó la oportunidad de capacitarme y ser un mejor profesional al servicio de mi Ejército y de mi país. Anny, Mia y Emma; este logro no hubiese sido posible sin su apoyo y comprensión. Carlos y Blanca, por su ejemplo, esfuerzo y sacrificio soy lo que soy. Finalmente; a todos quienes creen que los sueños son alcanzables, pues ese es el verdadero sentido la vida.

- Carlos León

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a Dios, que me brindó la fortaleza y la sabiduría necesaria para culminar esta etapa de mi vida, a mi esposa Monica por su apoyo incondicional, a mi hijo Martín mi fuente de inspiración, a mi querida madre Inés, pilar fundamental en mi formación y a toda mi familia por estar siempre presente.

- Carlos Mancheno

Dedico este trabajo a Dios y a la Santísima Virgen del Cisne, a mis padres María y Guillermo por siempre apoyarme y confiar en mí, a mis hermanos Jonathan y Milena que han sido mi motivación para salir adelante, a mi Tía Yolita con mucho cariño por haberme acogido en su casa durante este tiempo de universidad, a mi mamita Esther por ser una gran inspiración para mí, a toda mi familia por siempre apoyarme y estar pendientes, a mi mejor amigo Cristian Guamán, compañeros y a todas las personas que han sido parte de esta maravillosa etapa de mi vida..

- Jefferson Potosí

## **Agradecimiento**

Empezaremos por agradecer a cada una de nuestras familias, su apoyo, su confianza depositada en nosotros, el sacrificio silencioso y sin medida por ofrecernos lo mejor y su interminable amor, fueron la inspiración y el soporte para nunca rendirnos hasta alcanzar nuestra meta tan anhelada. No nos alcanzará esta vida para devolverles todo lo que nos han dado.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, insigne institución que nos acogió en sus aulas y sembró en nuestras mentes el conocimiento, la ciencia y el saber. Por formar con tesón y ahínco nuestro carácter, preparándonos para enfrentar con solvencia y responsabilidad la vida profesional. Los mejores momentos, los amigos y maravillosas experiencias quedan en este campus que lo convertimos en nuestro segundo hogar.

De manera muy especial, a nuestro tutor Ing. Byron Morales, por transmitir sus valiosos conocimientos y experiencia, por habernos guiado con paciencia, sobre todo con el profesionalismo que lo caracteriza como docente, agradecemos su apoyo y ánimo durante la elaboración y culminación del presente proyecto de investigación.

Aragón Flores, Juan Diego

Bahamonde Coyago, Camila Yessena

Cacuango Ruiz, Bayardo Gabriel

León Garrido, Carlos Alberto

Manchano Criollo, Carlos Eduardo

Potosí Toledo, Jefferson Guillermo

## Índice de Contenido

<b>CERTIFICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>7</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>9</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>24</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>26</b>
Introducción.....	26
Formulación del problema .....	27
Justificación del problema .....	27
Generalidades .....	28
Localización geográfica general .....	29
Características del entorno general .....	30
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>33</b>
<b>Objetivos y Actividades .....</b>	<b>33</b>
Objetivo General .....	33
Objetivo Específico.....	33
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>36</b>
<b>Metodología de la Evaluación Estructural y Funcional del Pavimento de las condiciones de los pavimentos de la infraestructura vial Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Manuel Quiroga .....</b>	<b>36</b>
Datos del proyecto.....	36
Ubicación del proyecto .....	36
Características y funcionalidad de las vías de la zona de estudio.....	36
Descripción de la sección de la calzada, geometría y tipo de pavimento.....	38

Situación actual de la vía.....	40
Evaluación funcional del pavimento.....	40
Índice de condición de pavimentos (PCI).....	47
Tramo 1.....	48
Tramo 2 – Sentido E-O.....	48
Tramo 2 – Sentido O-E.....	52
Tramo 3.....	55
Evaluación estructural del pavimento .....	57
Calicatas .....	58
Ensayo Cono de Penetración Dinámico (DCP).....	63
Caracterización de material granular .....	64
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>75</b>
<b>Solicitaciones, características de tránsito y ejes equivalentes de carga .....</b>	<b>75</b>
Metodología del Estudio de Tráfico .....	75
<b>Localización geográfica del proyecto .....</b>	<b>75</b>
<b>Características del entorno .....</b>	<b>76</b>
<b>Condiciones geométricas .....</b>	<b>81</b>
<b>Generalidades y definiciones .....</b>	<b>81</b>
Volumen.....	81
<b>Conteos volumétricos de tráfico .....</b>	<b>82</b>
Días de Aforo .....	82
Personal de Levantamiento .....	83
Digitalización y Control de Calidad .....	84
Resultados de los conteos.....	86
Vehículos .....	86

Tipos de vehículos que transitan por la zona de estudio .....	86
Vehículos Equivalentes .....	87
Estudio de velocidades.....	88
Velocidad promedio de rodaje .....	89
Velocidad promedio de viaje.....	89
Velocidad de flujo libre .....	90
Estudios de velocidades de punto .....	90
Velocidad de punto.....	90
Velocidad instantánea .....	91
Velocidad media temporal .....	91
Velocidad media espacial.....	91
<b>Carreteras de dos servicios.....</b>	<b>92</b>
Clase I.....	92
Clase II.....	92
<b>Nivel de Servicio.....</b>	<b>92</b>
<b>Proyecciones de Tráfico .....</b>	<b>94</b>
Volumen de tránsito generado.....	94
Volumen de tránsito atraído.....	94
<b>Resultados de los conteos volumétricos de tránsito .....</b>	<b>95</b>
Resultados de los aforos de tránsito en tráfico diario.....	95
Demanda, Composición y Variación de tráfico .....	95
Demanda de tráfico en intersección 1.....	95
Demanda de tráfico en punto de control 2.....	97
Demanda de tráfico en punto de control 3.....	101
Demanda de tráfico en intersección 4.....	106

Demanda de tráfico en punto de control 5 .....	110
Demanda de tráfico en punto de control 6 .....	114
Demanda de tráfico en intersección 7.....	118
Demanda de tráfico en punto de control 8 .....	120
<b>Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA Actual).....</b>	<b>126</b>
<b>Tráfico Futuro .....</b>	<b>133</b>
Proyección en base a la tasa de crecimiento poblacional .....	133
Cálculo del factor n.....	134
Tasa de crecimiento de tráfico.....	134
Punto de control 1 .....	134
Punto de control 2 .....	135
Punto de control 3 .....	135
Punto de control 4 .....	135
Punto de control 5 .....	135
Punto de control 6 .....	136
Punto de control 7 .....	136
Punto de control 8 .....	136
<b>Resultado del Estudio de Velocidades: .....</b>	<b>137</b>
Niveles de servicio.....	137
Intersecciones sin Semáforos.....	137
Criterio de niveles de servicio para carreteras de dos carriles Clase II .....	145
<b>Modelación en Aimsun.....</b>	<b>146</b>
Escenario actual.....	147
Escenarios futuros.....	160
<b>Medidas de mitigación para acceso vehicular .....</b>	<b>168</b>

<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>171</b>
<b>Rehabilitación de las estructuras de pavimentos y estándares de mantenimiento vial.....</b>	<b>171</b>
<b>Solicitaciones del medio ambiente (precipitaciones, drenaje y clima), determinación de coeficientes de drenaje.....</b>	<b>171</b>
Precipitaciones.....	171
Ubicación del proyecto en función de las estaciones meteorológicas.....	172
Caudal calculado según el método Racional.....	174
Coeficiente de escorrentía.....	176
Drenaje.....	177
<b>Análisis y valoración del tipo de subrasante, determinación del CBR de diseño</b>	<b>182</b>
Análisis y valoración de parámetros de resistencia de las diversas capas (coeficientes estructurales y correlación de módulos de resiliencia).....	189
Coeficientes Estructurales.....	189
Módulo resiliente de la subrasante.....	189
Módulo resiliente de la sub base.....	189
Módulo resiliente de la base.....	190
Módulo resiliente de la carpeta asfáltica.....	191
<b>Diseño de Rehabilitación y Reconstrucción de Pavimentos.....</b>	<b>192</b>
Metodología para rehabilitación de pavimentos por evaluación funcional.....	193
Diseño de estructura del pavimento por Método ASSHTO 93.....	195
<b>Elaboración de un plan de conservación vial.....</b>	<b>212</b>
<b>Descripción y Alcances.....</b>	<b>215</b>
<b><i>Materiales</i>.....</b>	<b>215</b>
<b>Técnicas y materiales para el mantenimiento de Pavimentos Asfálticos. ....</b>	<b>219</b>

Propuesta del mantenimiento vial de la capa de rodadura en los tres tramos.....	224
Estimación de Costos de Mantenimiento Vial .....	225
<b>Conclusiones.....</b>	<b>229</b>
Primer Objetivo.....	229
Segundo Objetivo.....	230
Tercer Objetivo.....	234
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>235</b>
Segundo Objetivo.....	235
<b>Referencias.....</b>	<b>236</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>241</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Coordenadas de proyecto</i> .....	37
<b>Tabla 2</b> <i>Parámetros de curvas horizontales</i> .....	38
<b>Tabla 3</b> <i>Longitudes y pendientes de los Tramos del Proyecto</i> .....	38
<b>Tabla 4</b> <i>Área de afectación Tramo 2 – Sentido E-O</i> .....	42
<b>Tabla 5</b> <i>Área de afectación Tramo 2 – Sentido O-E</i> .....	43
<b>Tabla 6</b> <i>Porcentaje de afectación Tramo 2 – Sentido E-O</i> .....	44
<b>Tabla 7</b> <i>Porcentaje de afectación Tramo 2 – Sentido O-E</i> .....	44
<b>Tabla 8</b> <i>Porcentaje de afectación Tramo 2</i> .....	44
<b>Tabla 9</b> <i>Área de afectación Tramo 3</i> .....	45
<b>Tabla 10</b> <i>Porcentaje de afectación Tramo 3</i> .....	47
<b>Tabla 11</b> <i>Grados de Condición del PCI</i> .....	48
<b>Tabla 12</b> <i>Área de afectación según el tipo de falla y Nivel de gravedad Tramo 2 E-O</i> ...49	
<b>Tabla 13</b> <i>Cálculo del Valor Deducido Corregido Tramo 2 – Sentido E-O</i> .....	51
<b>Tabla 14</b> <i>Área de afectación según el tipo de falla y Nivel de gravedad Tramo 2 E-O</i> ...52	
<b>Tabla 15</b> <i>Cálculo del Valor Deducido Corregido Tramo 2 O-E</i> .....	54
<b>Tabla 16</b> <i>Área de afectación según el tipo de falla y Nivel de gravedad Tramo 3</i> .....	55
<b>Tabla 17</b> <i>Cálculo del Valor Deducido Corregido Tramo 3</i> .....	57
<b>Tabla 18</b> <i>Espesores de las capas del pavimento medidos en campo</i> .....	58
<b>Tabla 19</b> <i>Relaciones para valores obtenidos Ensayo DCP</i> .....	63
<b>Tabla 20</b> <i>Resultados del Ensayo DCP</i> .....	63
<b>Tabla 21</b> <i>Granulometría para sub bases</i> .....	64
<b>Tabla 22</b> <i>Propiedades del suelo</i> .....	67
<b>Tabla 23</b> <i>Estructura Actual del Pavimento</i> .....	73
<b>Tabla 24</b> <i>Clasificación de Subrasantes</i> .....	73
<b>Tabla 25</b> <i>Resultados de los ensayos Proctor Modificado y Capacidad de Soporte CBR</i> .....	74
<b>Tabla 26</b> <i>Características de las vías en la zona de estudio</i> .....	81
<b>Tabla 27</b> <i>Características por tipos de vehículos</i> .....	87
<b>Tabla 28</b> <i>Niveles de servicio</i> .....	93
<b>Tabla 29</b> <i>Conteos en ambos sentidos de circulación, intersección 1</i> .....	95
<b>Tabla 30</b> <i>Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc2. S-N y Pc2. N-S</i> .....	97
<b>Tabla 31</b> <i>Conteos de giros de circulación en intersección 2</i> .....	99
<b>Tabla 32</b> <i>Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc3. O-E y Pc3. E-O</i> .....	102

<b>Tabla 33</b> <i>Conteo Giros de circulación en Intersección 3</i> .....	104
<b>Tabla 34</b> <i>Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc4. O-E</i> .....	106
<b>Tabla 35</b> <i>Conteos de giros de circulación en intersección 4</i> .....	108
<b>Tabla 36</b> <i>Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc5. E-O</i> .....	110
<b>Tabla 37</b> <i>Conteos de giros de circulación en intersección 5</i> .....	112
<b>Tabla 38</b> <i>Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc6. E-O Y Pc6. O-E</i> .....	114
<b>Tabla 39</b> <i>Conteo Giros de circulación en Intersección 6</i> .....	116
<b>Tabla 40</b> <i>Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc7. E-O, O-E</i> .....	118
<b>Tabla 41</b> <i>Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc8. S-N y Pc8. N-S</i> .....	120
<b>Tabla 42</b> <i>TPDA del punto de control 1</i> .....	126
<b>Tabla 43</b> <i>TPDA del punto de control 2</i> .....	127
<b>Tabla 44</b> <i>TPDA de la intersección 2</i> .....	127
<b>Tabla 45</b> <i>TPDA del punto de control 3</i> .....	128
<b>Tabla 46</b> <i>TPDA de la intersección 3</i> .....	128
<b>Tabla 47</b> <i>TPDA del punto de control 4</i> .....	129
<b>Tabla 48</b> <i>TPDA de la intersección 4</i> .....	129
<b>Tabla 49</b> <i>TPDA del punto de control 5</i> .....	130
<b>Tabla 50</b> <i>TPDA de la intersección 5</i> .....	130
<b>Tabla 51</b> <i>TPDA del punto de control 6</i> .....	131
<b>Tabla 52</b> <i>TPDA de la intersección 6</i> .....	131
<b>Tabla 53</b> <i>TPDA del punto de control 7</i> .....	132
<b>Tabla 54</b> <i>TPDA del punto de control 8</i> .....	132
<b>Tabla 55</b> <i>Velocidad promedio del primer tramo tomada en campo</i> .....	138
<b>Tabla 56</b> <i>Velocidad promedio del segundo tramo tomada en campo</i> .....	139
<b>Tabla 57</b> <i>Velocidad promedio del tercer tramo tomada en campo</i> .....	141
<b>Tabla 58</b> <i>Velocidad promedio del cuarto tramo tomada en campo</i> .....	142
<b>Tabla 59</b> <i>Velocidad promedio del quinto tramo tomada en campo</i> .....	144
<b>Tabla 60</b> <i>Intensidades máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno</i> .....	173
<b>Tabla 61</b> <i>Longitudes de los tres tramos del proyecto</i> .....	175
<b>Tabla 62</b> <i>Valores de mi para modificar los coeficientes estructurales o de capa de bases y sub bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles</i> .....	181
<b>Tabla 63</b> <i>Resultados de compactación, tramo 1</i> .....	183
<b>Tabla 64</b> <i>Resultados CBR, tramo 1</i> .....	183
<b>Tabla 65</b> <i>Resultados de compactación, tramo 2</i> .....	184

<b>Tabla 66</b> <i>Resultados CBR, tramo 2</i> .....	185
<b>Tabla 67</b> <i>Resultados de compactación, tramo 3</i> .....	186
<b>Tabla 68</b> <i>Resultados CBR, tramo 3</i> .....	187
<b>Tabla 69</b> <i>Valores de CBR de la subrasante para cada tramo</i> .....	188
<b>Tabla 70</b> <i>Coeficientes estructurales y módulos de resiliencia</i> .....	192
<b>Tabla 71</b> <i>Rangos del Índice de deterioro superficial</i> .....	193
<b>Tabla 72</b> <i>Diseño de estructuras de pavimentos</i> .....	195
<b>Tabla 73</b> <i>Niveles recomendados de confiabilidad (R)</i> .....	196
<b>Tabla 74</b> <i>Tabla II, Valores recomendados para la desviación estándar (So)</i> .....	197
<b>Tabla 75</b> <i>Datos de CBR de cada tramo</i> .....	199
<b>Tabla 76</b> <i>Módulos de resiliencia</i> .....	199
<b>Tabla 77</b> <i>Datos en los diferentes tramos del proyecto</i> .....	206
<b>Tabla 78</b> <i>Categorización de la calidad de drenaje</i> .....	208
<b>Tabla 79</b> <i>Coeficientes de drenaje (<math>m_i</math>) recomendados para bases y subbases granulares</i> .....	208
<b>Tabla 80</b> <i>Intervenciones preventivas en los tipos de fallas</i> .....	212
<b>Tabla 81</b> <i>Estructura propuesta del pavimento</i> .....	218
<b>Tabla 82</b> <i>Categoría de operaciones</i> .....	219
<b>Tabla 83</b> <i>Tipo de lechadas asfálticas y aplicaciones</i> .....	222
<b>Tabla 84</b> <i>Estado de la Vía</i> .....	226
<b>Tabla 85</b> <i>Mantenimiento vial</i> .....	227

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Localización de la zona de estudio</i> .....	29
<b>Figura 2</b> <i>Ubicación del proyecto</i> .....	37
<b>Figura 3</b> <i>Estado actual de la capa de rodadura del Tramo 1</i> .....	41
<b>Figura 4</b> <i>Ubicación de los puntos de Calicatas y ensayos DCP</i> .....	58
<b>Figura 5</b> <i>Curva granulométrica Muestra 1 (-0,50m) – Calicata 9</i> .....	70
<b>Figura 6</b> <i>Curva granulométrica Muestra 2 (-1,00m) – Calicata 9</i> .....	71
<b>Figura 7</b> <i>Curva granulométrica Muestra 3 (-1,50m) – Calicata 9</i> .....	72
<b>Figura 8</b> <i>Ubicación de las intersecciones y puntos de control</i> .....	75
<b>Figura 9</b> <i>P1. Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Troncal de la Sierra</i> .....	76
<b>Figura 10</b> <i>P2. Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Juan de Dios Morales</i> .....	77
<b>Figura 11</b> <i>P3. Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Manuel Quiroga</i> .....	78
<b>Figura 12</b> <i>P4 y P5 Av. Jacinto Jijón y Caamaño, B.E. 68 COTOPAXI y B.E. 69 CHIMBORAZO</i> .....	79
<b>Figura 13</b> <i>P6. Av. Jacinto Jijón y Caamaño, 15 BAE PAQUISHA</i> .....	79
<b>Figura 14</b> <i>P7. Av. Jacinto Jijón y Caamaño</i> .....	80
<b>Figura 15</b> <i>P8. Av. Manuel Quiroga</i> .....	80
<b>Figura 16</b> <i>Volumen de Tráfico Contado</i> .....	84
<b>Figura 17</b> <i>Formato Tráfico Promedio Diario Anual Actual TPDA</i> .....	85
<b>Figura 18</b> <i>Formato Tráfico Promedio Diario Anual Actual TPDA</i> .....	85
<b>Figura 19</b> <i>Factores para el Cálculo de Vehículos Equivalentes</i> .....	88
<b>Figura 20</b> <i>Velocidad de punto de un vehículo</i> .....	90
<b>Figura 21</b> <i>Velocidad instantánea de un vehículo</i> .....	91
<b>Figura 22</b> <i>Composición del tráfico en intersección 1</i> .....	96
<b>Figura 23</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 1</i> .....	97
<b>Figura 24</b> <i>Composición del tráfico en intersección 2</i> .....	98
<b>Figura 25</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 2</i> .....	99
<b>Figura 26</b> <i>Composición del tráfico en intersección 2</i> .....	100
<b>Figura 27</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 2</i> .....	101
<b>Figura 28</b> <i>Composición del tráfico en intersección 3</i> .....	102
<b>Figura 29</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 3</i> .....	103
<b>Figura 30</b> <i>Composición del tráfico en intersección 3</i> .....	105
<b>Figura 31</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 3</i> .....	106
<b>Figura 32</b> <i>Composición del tráfico en intersección 4</i> .....	107

<b>Figura 33</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 4</i> .....	108
<b>Figura 34</b> <i>Composición del tráfico en intersección 4</i> .....	109
<b>Figura 35</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 4</i> .....	110
<b>Figura 36</b> <i>Composición del tráfico en intersección 5</i> .....	111
<b>Figura 37</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 5</i> .....	112
<b>Figura 38</b> <i>Composición del tráfico en intersección 5</i> .....	113
<b>Figura 39</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 5</i> .....	114
<b>Figura 40</b> <i>Composición del tráfico en intersección 6</i> .....	115
<b>Figura 41</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 6</i> .....	116
<b>Figura 42</b> <i>Composición del tráfico en intersección 6</i> .....	117
<b>Figura 43</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 6</i> .....	118
<b>Figura 44</b> <i>Composición del tráfico en intersección 7</i> .....	119
<b>Figura 45</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 7</i> .....	120
<b>Figura 46</b> <i>Composición del tráfico en intersección 8</i> .....	121
<b>Figura 47</b> <i>Variación diaria del tráfico en intersección 8</i> .....	122
<b>Figura 48</b> <i>Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 1</i> .....	122
<b>Figura 49</b> <i>Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 2</i> .....	123
<b>Figura 50</b> <i>Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 3</i> .....	123
<b>Figura 51</b> <i>Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 4 y 5</i> .....	124
<b>Figura 52</b> <i>Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 6</i> .....	125
<b>Figura 53</b> <i>Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 7</i> .....	125
<b>Figura 54</b> <i>Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 8</i> .....	125
<b>Figura 55</b> <i>Tipos de ejes y pesos</i> .....	133
<b>Figura 56</b> <i>Niveles de servicio para intersección sin semáforos</i> .....	137
<b>Figura 57</b> <i>Conteos en la hora pico del primer tramo</i> .....	138
<b>Figura 58</b> <i>Conteos en la Hora pico del segundo tramo</i> .....	140
<b>Figura 59</b> <i>Conteo en la hora pico del tercer tramo</i> .....	142
<b>Figura 60</b> <i>Conteo en la hora pico del cuarto tramo</i> .....	143
<b>Figura 61</b> <i>Criterio del LOS para carreteras de dos carriles Clase II</i> .....	145
<b>Figura 62</b> <i>Aplicación de los criterios del LOS para carreteras de dos carriles Clase II</i> .....	145
<b>Figura 63</b> <i>Modelación en Aimsun para escenario actual</i> .....	147
<b>Figura 64</b> <i>Modelo 3D Aimsun del primer punto de control</i> .....	148

<b>Figura 65</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 1, E – O.....	148
<b>Figura 66</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 1, O – E.....	149
<b>Figura 67</b> Modelo 3D Aimsun del segundo punto de control.....	150
<b>Figura 68</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 2, E – O.....	150
<b>Figura 69</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 2, O – E.....	151
<b>Figura 70</b> Modelo 3D Aimsun del tercer punto de control.....	151
<b>Figura 71</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 3, E – O.....	152
<b>Figura 72</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 3, O – E.....	153
<b>Figura 73</b> Modelo 3D Aimsun del cuarto y quinto puntos de control.....	153
<b>Figura 74</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 4, O – E.....	154
<b>Figura 75</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 5, E – O.....	154
<b>Figura 76</b> Modelo 3D Aimsun del sexto punto de control.....	155
<b>Figura 77</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 6, E – O.....	156
<b>Figura 78</b> Modelo 3D Aimsun del séptimo punto de control.....	156
<b>Figura 79</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 7, O – E.....	157
<b>Figura 80</b> Modelo 3D Aimsun del octavo punto de control.....	157
<b>Figura 81</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 8, S – N.....	158
<b>Figura 82</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 8, N – S.....	159
<b>Figura 83</b> Cola media obtenida de la simulación en escenario real en Aimsun.....	159
<b>Figura 84</b> Modelación en Aimsun para escenarios futuros.....	160
<b>Figura 85</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 1, E – O.....	161

<b>Figura 86</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 1, O – E.....	161
<b>Figura 87</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 2, E – O.....	162
<b>Figura 88</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 2, O – E.....	162
<b>Figura 89</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 3, E – O.....	163
<b>Figura 90</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 3, O – E.....	164
<b>Figura 91</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 4, O – E.....	164
<b>Figura 92</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 5, E – O.....	165
<b>Figura 93</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 6, E – O.....	165
<b>Figura 94</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 7, O – E.....	166
<b>Figura 95</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 8, S – N.....	167
<b>Figura 96</b> Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 8, N – S.....	167
<b>Figura 97</b> Flujo medio obtenido de la simulación en escenario real en Aimsun.....	168
<b>Figura 98</b> Precipitación de lluvia promedio en Amaguaña.....	171
<b>Figura 99</b> Temperatura media Amaguaña .....	172
<b>Figura 100</b> Ubicación de estaciones meteorológicas por cuencas hidrográficas del Ecuador.....	172
<b>Figura 101</b> Coeficiente de escorrentía .....	176
<b>Figura 102</b> Partes de un dren francés.....	178
<b>Figura 103</b> Detalle de la composición del dren francés.....	179
<b>Figura 104</b> Geometría de diseño de cuneta triangular .....	181
<b>Figura 105</b> Curva Humedad vs Densidad máxima, tramo 1 .....	183
<b>Figura 106</b> Curva de diseño CBR, tramo 1 .....	184
<b>Figura 107</b> Curva Humedad vs densidad máxima, tramo 2.....	185

<b>Figura 108</b> <i>Curva de diseño CBR, tramo 2</i> .....	186
<b>Figura 109</b> <i>Curva Humedad vs Densidad máxima, tramo 3</i> .....	186
<b>Figura 110</b> <i>Curva de diseño CBR, tramo 3</i> .....	187
<b>Figura 111</b> <i>Ábaco para estimar el número estructural de la sub base granular a3</i> .....	189
<b>Figura 112</b> <i>Ábaco para estimar el numero estructural de la base granular a2</i> .....	190
<b>Figura 113</b> <i>Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica a1</i> .....	191
<b>Figura 114</b> <i>Tabla I-I, Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de confiabilidad.</i> .....	196
<b>Figura 115</b> <i>Número estructural de la subrasante, primer tramo</i> .....	200
<b>Figura 116</b> <i>Número estructural para subbase, primer tramo</i> .....	201
<b>Figura 117</b> <i>Número estructural para la base, primer tramo</i> .....	202
<b>Figura 118</b> <i>Número estructural de la subrasante, segundo tramo</i> .....	202
<b>Figura 119</b> <i>Número estructural para subbase, segundo tramo</i> .....	203
<b>Figura 120</b> <i>Número estructural para la base, segundo tramo</i> .....	204
<b>Figura 121</b> <i>Número estructural de la subrasante, tercer tramo</i> .....	204
<b>Figura 122</b> <i>Número estructural para la base, tercer tramo</i> .....	205
<b>Figura 123</b> <i>Número estructural para la base, tercer tramo</i> .....	206
<b>Figura 124</b> <i>Cálculo del número estructural SN</i> .....	207
<b>Figura 125</b> <i>Diseño de Pavimentos</i> .....	209

## Resumen

El presente proyecto está ubicado en el sector de La Balvina, Parroquia de Amaguaña, abarca específicamente el estudio de los ejes principales de acceso al Fuerte Militar “Grad. Marco Aurelio Subía”.

Por las condiciones actuales de transitabilidad vehicular y peatonal se analizan tres diferentes enfoques que involucran al estudio vial que comprende el desarrollo de una vía. Para empezar, se llevó a cabo una evaluación funcional y estructural de las condiciones de los pavimentos de la infraestructura vial con el fin de obtener como resultado su estado actual, así como también la existencia de base, sub base y los materiales que las conforman. Por otra parte, se realizó un estudio de tráfico que evaluó las condiciones actuales de tránsito, además de una simulación de tráfico vehicular en el software Aimsun, con el propósito de analizar el nivel de servicio, capacidad y seguridad vial. Adicionalmente, se elaboró el análisis y valoración de parámetros de resistencia de las diversas capas con el objeto de recomendar una propuesta de rehabilitación que permita un costo-beneficio al Fuerte Militar “Grad. Marco Aurelio Subía” y consecuentemente al estado.

- Palabras claves

- **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL**
- **TRÁNSITO**
- **DRENAJE**
- **MANTENIMIENTO**

## **Abstract**

This project is located in the sector of La Balvina, Parish of Amaguaña, and specifically covers the study of the main access roads to the Military Fort "Grad. Marco Aurelio Subía".

Due to the current conditions of vehicular and pedestrian trafficability, three different approaches to the road study involving the development of a road are analyzed. To begin with, a functional and structural evaluation of the pavement conditions of the road infrastructure was carried out in order to obtain as a result its current condition, as well as the existence of base, sub-base and the materials that make them up. In addition, a traffic study was carried out to evaluate the current traffic conditions, as well as a vehicular traffic simulation in the Aimsun software, in order to analyze the level of service, capacity and road safety. Additionally, an analysis and evaluation of the resistance parameters of the different layers was carried out with the purpose of recommending a rehabilitation proposal that would allow a cost-benefit analysis of the Military Fort "GRAD. Marco Aurelio Subía" and consequently to the state.

- Keywords

- **STRUCTURAL EVALUATION**
- **TRANSIT**
- **DRAINAGE**
- **MAINTENANCE**

## CAPÍTULO I

### Introducción

Un corredor vial es un elemento de gran importancia dentro de la ingeniería de carreteras desde el punto técnico como económico, y en general para los usuarios que son parte del sistema vial. Las carreteras están formadas por una estructura de capas llamada pavimento, que es diseñado para soportar las cargas por el tránsito de vehículos.

El presente proyecto plantea los estudios de ingeniería para la restauración vial de la Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Manuel Quiroga, que son los ejes de acceso al Fuerte Militar "GRAD. Marco Aurelio Subía", en el sector de La Balvina, Parroquia de Amaguaña.

Debido al paso del tiempo y por falta un de mantenimiento adecuado en su estructura los corredores de estudio presentan daños en su capa de rodadura lo que provoca que el nivel de servicio prestado a los usuarios disminuya.

La zona de La Balvina se encuentra en la ribera del río San Pedro y las estructuras actuales se encuentran sobre terrenos de relleno, los cuales no tuvieron un proceso de compactación adecuado. Es por esto que se presume que le estructura actual del pavimento no es la adecuada y es lo que provoca asentamientos y fisuras sobre la capa de rodadura. Además de la sobrecarga de esfuerzos, por el aumento progresivo de usuarios, y de la ausencia de un sistema de drenaje vial.

En base a los aspectos mencionados se entiende que la carpeta asfáltica presenta un gran deterioro y se sospecha que la estructura vial del pavimento presenta una alta fatiga. Este estudio pretende mejorar la estructura actual del pavimento, de manera que garantice un nivel de servicio de primer nivel durante toda su vida útil, a través de una evaluación funcional y estructural de las condiciones del pavimento

existente, simulaciones de tránsito de las condiciones actuales y futuras de los ejes viales, y un diseño para la rehabilitación del pavimento con el fin de determinar una estrategia eficiente ante los problemas de transitabilidad y funcionalidad de los ejes de acceso al Fuerte Militar.

### **Formulación del problema**

Para el presente proyecto se ha considerado como punto de análisis al Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía Martínez” debido al estado actual de la calzada principal, así como también de sus accesos.

En el campamento militar se encuentran acantonadas las Unidades Operativas del Cuerpo de Ingenieros del Ejército con vehículos tácticos como son: los camiones “lanza puentes”, maquinaria pesada de construcción, tanqueros de abastecimiento de agua y combustibles, entre otros. También opera la Brigada Aérea con aeronaves de ala rotatoria (helicópteros) que, en algunas ocasiones, deben ser transportadas vía terrestre sobre plataformas.

El mal estado de la vía principal y de sus accesos impide una rápida respuesta ante la necesidad de empleo de dichas Unidades, así como también una inmediata evacuación de todo su personal, material y equipo ante una eventual amenaza a la seguridad del campamento, poniendo en riesgo la integridad física de los soldados, del material y, por ende, del cumplimiento de las misiones asignadas.

### **Justificación del problema**

El Fuerte Militar “Grad. Marco Aurelio Subía Martínez” constituye una de las unidades más importantes, ya que coadyuva a la misión fundamental del Ejército, que es la de proteger la soberanía e integridad territorial ejecutando operaciones militares en

el ámbito interno e incrementando la capacidad operativa de las unidades acantonadas en este Fuerte Militar.

Con la finalidad de mejorar la red vial surge la imperiosa necesidad de determinar la evaluación funcional y estructural de los pavimentos, solicitaciones, características de tránsito, ejes equivalentes de carga, rehabilitación de las estructuras de pavimentos y estándares de mantenimiento vial, en las Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Manuel Quiroga, que son los principales ejes de comunicación ya que con estos estudios se optimizará sustancialmente el tiempo de reacción y empleo de las unidades lo que favorecerá al cumplimiento de las misiones encomendadas a cada reparto militar.

### **Generalidades**

El transporte a lo largo de la historia ha sido una necesidad, ya que constituye una de las actividades económicas primordiales de las naciones y de las relaciones entre sí, desde los orígenes de la humanidad.

Desde la aparición de las primeras ciudades surgió la necesidad del hombre de desplazarse para obtener e intercambiar los alimentos y mercancías, lo cual llevo a establecer relaciones comerciales así el transporte constituyo una de las principales fuentes de comunicación con las distintas regiones, de este modo aparecieron las primeras redes viales planeadas y conservadas para uso público (Bodero et al., 2010).

Con la aparición del vehículo a motor se originó un problema como es el aumento en el parque automotriz ya que cada usuario tenía su propio vehículo lo que genero problemas en el transito urbano ya que al mismo tiempo aparecieron vehículos de transporte público, es así que con la Primera Guerra Mundial se incrementan las necesidades del transporte, de esta manera aparecen los autobuses y otros medios de comunicación, el gran desarrollo de la industria automotriz ha sido esencial para

garantizar el abastecimiento de todo tipo de bien y de servicio para el desarrollo de la humanidad (Cal y Mayor and Cárdenas, 2018).

El transporte se encuentra constituido por una serie de elementos los mismos que son de mucha importancia para el cumplimiento de su funcionalidad, entre los cuales tenemos: las calles, las intersecciones, los puertos, los aeropuertos y los vehículos, otro factor que debemos tomar muy en cuenta es al usuario que es aquella persona que requiere del servicio de transporte (Zevallos, 2014).

El mal estado de la red vial influye directamente en el transporte, el cual se encuentra relacionado directamente con el sistema socio económico, a pesar de los avances tecnológicos se han logrado construir redes viales más acordes a la topografía de la zona y a los vehículos que utilizan, también se han implementado diseños modernistas pero los problemas de congestionamiento continúan, por lo cual es muy importante realizar una correcta planificación con soluciones integrales mediante la inversión en la construcción nuevos corredores viales y mejorando el sistema de transporte público (Cal y Mayor and Cárdenas, 2018).

### **Localización geográfica general**

La zona de estudio para el presente proyecto se ubica estratégicamente en el sector de La Balvina, parroquia de Amaguaña, específicamente en el FUERTE MILITAR “GRAD. MARCO AURELIO SUBÍA”.

### **Figura 1**

*Localización de la zona de estudio*



*Nota.* Ubicación de las calles en la zona de estudio, se indica las vías principales que rodean al Fuerte Militar “Grad Marco Aurelio Subía”. Tomado de IGM.

### **Características del entorno general**

La Av. Manuel Quiroga y la Av. Jacinto Jijón y Caamaño son la principal arteria vial que comunica al Fuerte Militar “Grad. Marco Aurelio Subía Martínez” con la población de Amagüaña y por ende de Quito, estas vías que se han dividido en tres tramos neurálgicos para su estudio; cuentan como eje principal del proyecto el monumento al soldado desminador, pues la confluencia vehicular que se da en este punto rige el desempeño del tráfico vehicular y el desgaste que sufre la calzada.

Esta arteria vial es de suma importancia tanto para la movilización vehicular en el ámbito civil como en el ámbito estratégico militar, ya que mencionado fuerte cuenta en su interior con 15 B.A.E “PAQUISHA”, unidad neurálgica en cuanto a vialidad aérea tanto de abastecimiento como de combate se refiere, ya que cuenta con helicópteros

destinados a intervenir en la defensa territorial y en el apoyo al Ámbito interno, procurando servir tanto en tiempo de conflicto como en tiempo de paz, interviniendo con otras entidades cuando la ocasión así lo amerite; además están los batallones de ingeniería B.E 68 “Cotopaxi” y B.E 69 “Chimborazo”, quienes cumplen la función de brindar movilidad, contra movilidad e ingeniería en general a las unidades aledañas y en el ámbito que se les requiera.

Es por eso que el planteamiento y propuesta de este proyecto es el Mejoramiento de la infraestructura del transporte en el Fuerte Militar “Grad. Marco Aurelio Subía Martínez”, como primera parte del proyecto la Av. Manuel Quiroga que comprende desde la vivienda fiscal del fuerte hasta la intersección con la Jacinto Jijón y Caamaño; desde este punto parten dos tramos, identificándolo al soldado desminador, uno va con dirección hasta la E35 y otro trayecto con dirección al interior del Fuerte hasta culminar en el lindero donde terminan las unidades militares.

La vialidad en estos tramos se mide de acuerdo a la cantidad poblacional que se mantiene en el sector y su crecimiento exponencial en el uso de automotores propios o los de uso comunitario. Además de los vehículos tácticos militares, las plataformas para transporte de equipos para las aeronaves y la maquinaria pesada que emplean las unidades de ingeniería para las labores encomendadas.

Debido a que en el pasado la avenida Manuel Quiroga pertenecía a los interiores del Fuerte Militar que conectaba a las unidades antes mencionadas con la vivienda fiscal, sector de residencia para las familias del personal acantonado en esta plaza, la vía no estaba destinada a tener el tráfico y confluencia vehicular que ha adquirido en los últimos años.

Hoy en día se permite recorrer libremente esta vía, dando acceso a toda la población a utilizarla a pesar de no contar con un diseño geométrico, ni estudios

técnicos realizados. Tomando en cuenta que, en este sector también se encuentra ubicado el club de alto rendimiento Independiente del Valle conjuntamente con su nuevo estadio, se prevé que, por los encuentros deportivos a desarrollarse en este nuevo escenario deportivo, el tráfico vehicular incrementará, demanda que no será soportada por las condiciones actuales.

Por otra parte, la Av. Jacinto Jijón y Caamaño resiste la confluencia de los vehículos pesados que llegan a la empresa Zaimella, los buses de transporte urbano, así como la entrada y salida de vehículos tácticos militares para el desempeño adecuado de las funciones que las unidades militares ameritan; todo esto y la falta de planificación adecuada por parte del municipio para un mantenimiento preventivo de las vías de acceso, han desembocado en el deterioro progresivo de la calzada, requiriendo la creación, diseño y planificación de calzadas apropiadas donde prevalezca la seguridad vial para los usuarios de este sector.

## CAPÍTULO II

### Objetivos y Actividades

#### Objetivo General

Mejorar la infraestructura del transporte en el Fuerte Militar “Grad. Marco Aurelio Subía”, sector la Balvina, parroquia Amaguaña, a través de una evaluación funcional, estructural y simulaciones de tránsito tanto en condiciones actuales como futuras, con el fin de determinar un plan de solución vial.

#### Objetivo Específico

- Realizar una evaluación funcional y estructural de las condiciones de los pavimentos de la infraestructura vial Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Manuel Quiroga, mediante la auscultación y ensayos destructivos en la capa de rodadura actual que permita determinar las propiedades índice y mecánicas, así como la verificación de los materiales de la estructura del pavimento actual, a fin de establecer una propuesta de rehabilitación vial considerando varias opciones de ejecución.

#### **Actividades**

- 1) Descripción general del proyecto, ubicación y características del entorno.
- 2) Características y funcionalidad de las vías en la zona de estudio.
- 3) Descripción de la sección de la calzada, geometría (alineación horizontal y vertical) y tipo de pavimento.
- 4) Descripción del estado actual y predicción del estado futuro.
- 5) Determinación del índice de condición de pavimentos (PCI).
- 6) Auscultación y ensayos destructivos en la capa de rodadura actual.
- 7) Ensayos destructivos para conocer la estructura del pavimento.

- 8) Determinación de propiedades índice y mecánicas, así como la verificación de los materiales o componentes de la estructura del pavimento actual.
- Determinar las solicitaciones, características de tránsito y ejes equivalentes de carga, mediante un modelamiento de simulación de tráfico vehicular que permita analizar y optimizar el nivel de servicio, capacidad y seguridad vial.

### **Actividades**

- 1) Composición del tráfico y la demanda diaria y horaria Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Manuel Quiroga.
  - 2) Demanda de tráfico en intersecciones aledañas.
  - 3) Volúmenes atraídos y generados en la zona de estudio.
  - 4) Volumen expresado en vehículos livianos equivalentes.
  - 5) Niveles de servicio actuales de las intersecciones analizadas.
  - 6) Comparación de niveles de servicio en escenarios actual y futuro.
  - 7) Proyecciones de tráfico.
  - 8) Determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y ejes equivalentes de carga.
  - 9) Simulación con software de diseño académico de los escenarios planteados.
  - 10) Plano de medidas de mitigación.
- Realizar la rehabilitación de las estructuras de pavimentos y estándares de mantenimiento vial, mediante la auscultación y ensayos destructivos en la capa de rodadura actual que permita determinar las propiedades índice y mecánicas, así como la verificación de los materiales de la estructura del

pavimento actual, a fin de establecer una propuesta de rehabilitación vial considerando varias opciones de ejecución.

**Actividades**

- 1) Solicitaciones del medio ambiente (precipitaciones, drenaje y clima), determinación de coeficientes de drenaje
- 2) Análisis y evaluación del tipo de subrasante, determinación del CBR de diseño
- 3) Análisis y valoración de parámetros de resistencia de las diversas capas (coeficientes estructurales y correlación de módulos de resiliencia)
- 4) Diseño de la rehabilitación (número estructural SN) y reconstrucción de pavimentos.
- 5) Elaboración de un plan de conservación vial
- 6) Estimación de costos del mantenimiento vial

### **CAPÍTULO III**

#### **Metodología de la Evaluación Estructural y Funcional del Pavimento de las condiciones de los pavimentos de la infraestructura vial Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Manuel Quiroga**

##### **Datos del proyecto**

##### ***Ubicación del proyecto***

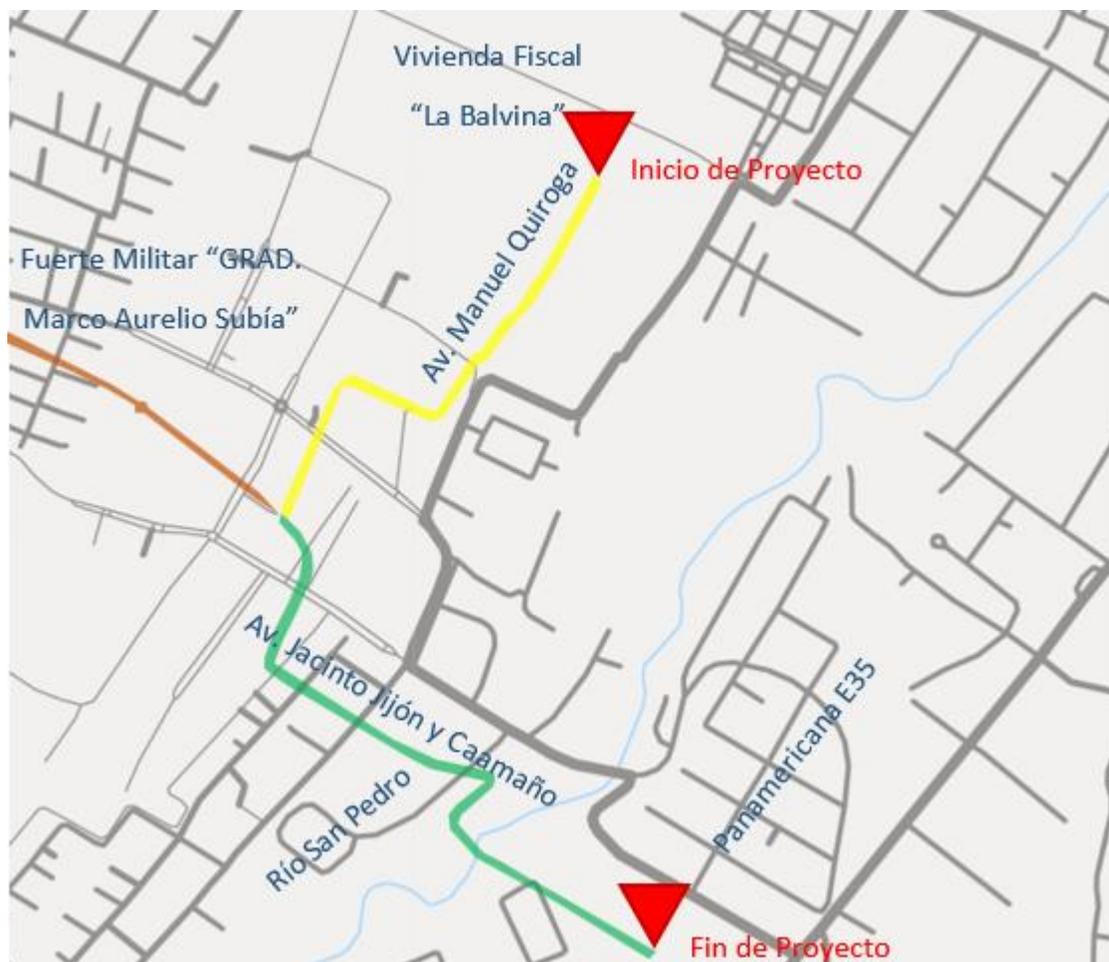
El presente proyecto se encuentra en la parroquia Amaguaña, cantón Quito, en el sector La Balvina. El clima de la zona corresponde al tipo interandino ecuatorial húmedo, cuya temperatura máxima es de 22°C y la mínima de 3°C (GADPRA, 2020).

La precipitación promedio es de 206,9 mm. Existen dos temporadas lluviosas más representativas que son: la primera en el mes de marzo y la segunda en el mes de noviembre. Además, se presenta una estación seca entre julio y agosto, y una estación húmeda en diciembre.

La población estimada de Amaguaña es de 38.642 habitantes. La Balvina es un sector agrícola y florícola, que mantiene interacción económica con Conocoto y Sangolquí. Además, en la zona opera el Fuerte Militar “GRAD. Marco Aurelio Subía”.

##### ***Características y funcionalidad de las vías de la zona de estudio***

El proyecto comprende el estudio de dos corredores viales, divididos en tres tramos: el primero comprende la Av. Manuel Quiroga desde la entrada a la Vivienda Fiscal “La Balvina” hasta su intersección con la Av. Jacinto Jijón y Caamaño, el segundo tramo comprende la sección de la Av. Jacinto Jijón y Caamaño dentro del Fuerte Militar “GRAD. Marco Aurelio Subía”, y el tercer tramo es la Av. Jacinto Jijón y Caamaño desde la entrada al Fuerte Militar hasta la intersección con la Carretera Panamericana E35.

**Figura 2***Ubicación del proyecto*

*Nota:* En la figura se muestran los puntos de Inicio y Fin de Proyecto, y los tramos del proyecto: Tramo 1 (amarillo), Tramo 2 (Naranja) y Tramo 3 (Verde). Tomado de: <https://mapstyle.withgoogle.com>.

**Tabla 1***Coordenadas de proyecto*

Inicio del Proyecto		Fin del Proyecto	
Norte	9'961.714,04 m	Norte	9'960.384.02 m
Este	781.578,33 m	Este	781.662.13 m
Elevación	2.523,02 m	Elevación	2.540,56 m

Las vías de estudio son ejes de acceso al Fuerte Militar. La Av. Manuel Quiroga sirve de enlace entre la Vivienda Fiscal “La Balvina” y el Fuerte Militar, además, de ser el acceso al Complejo Independiente del Valle y el Estadio IDV “Banco Guayaquil”.

**Descripción de la sección de la calzada, geometría y tipo de pavimento**

Los Tramos 1 y 3 presentan un trazado horizontal sinuoso, mientras que el Tramo 2 se lo puede considerar recto. La capa de rodadura en todos los tramos es de mezcla asfáltica y no existe cunetas laterales en ninguno de ellos. Los Tramos 1 y 2 pueden ser considerados planos, ya que no presentan pendientes mayores a 1,7 %, sin embargo, el Tramo 3 presenta pendientes elevadas en el ascenso y descenso hacia el puente sobre el río San Pedro. En las siguientes tablas se presentan los parámetros de la geometría de cada tramo.

**Tabla 2**

*Parámetros de curvas horizontales*

Tramo	Curva	Radio (m)	Ángulo de incremento	Long. de cuerda (m)	Flecha de arco (m)	Tangente externa (m)	Secante externa (m)	Ángulo incluido de PI
Tramo 1	N° 1 Der.	46,66	83,50°	64,77	12,35	43,04	16,56	96,5°
	N° 2 Izq.	27,71	89,64°	39,07	8,06	27,54	11,36	90,36°
	N° 1 Der.	22,82	59,19°	75,58	9,98	43,46	11,48	120,81°
	N° 2 Izq.	41,99	81,78°	54,45	10,15	36,01	13,42	98,22°
Tramo 3	N° 3 Der.	200,0	19,33°	67,16	2,84	34,07	2,88	160,67°
	N° 4 Izq.	25,33	128,77°	45,67	14,38	52,82	33,25	51,22°
	N° 5 Der.	39,40	96,9°	58,96	13,27	44,45	20,0	83,10
	N° 6 Izq.	200,0	10,28°	35,84	0,8	17,99	0,81	169,72°

**Tabla 3**

*Longitudes y pendientes de los Tramos del Proyecto*

<b>Tramo</b>	<b>Longitud [m]</b>	<b>Pendiente promedio [%]</b>	<b>Pendiente máxima [%]</b>
Tramo 1	931,2	0,8	1,2
Tramo 2	599,5	1,2	1,7
Tramo 3	1.226,0	4,8	13,4

El Tramo 1 tiene dos carriles de circulación en sentido Norte-Sur y Sur-Norte, con espaldones en los dos costados de la vía y un ancho de calzada que varía desde los 6,0 metros hasta los 9,0 metros, por lo que puede ser reconocido como “Camino Básico” en base a la Clasificación según el desempeño de las Carreteras (MTOP, 2013). Sin embargo, al no tener una sección transversal homogénea en todo su recorrido no entra dentro de esta clasificación.

Por su parte el Tramo 2 está conformado por dos carriles por sentido de circulación, Este-Oeste y Oeste-Este, y un parterre central de 2,0 metros. El ancho de cada carril es de 4,0 metros. Sin embargo, no se cataloga dentro de ningún tipo de la Clasificación según el desempeño de las Carreteras ya que no cuenta con espaldones ni centrales ni laterales como lo especifica la norma para ser considerada como “Vía de Alta Capacidad Interurbana”.

En el Tramo 3 existen dos carriles de circulación, uno por sentido. Desde la abscisa 0+000,00 m, correspondiente a este tramo, hasta la abscisa 0+275,00 m el ancho de la calzada es de 6,0 metros. En este intervalo el ancho de cada carril es de 3,0 m y no existen espaldones, por lo que no puede ser considerado como un “Camino Básico”.

A partir de la intersección con la Calle Juan de Dios Morales hay la presencia de espaldones a los costados de la vía con anchos mayores a 1,45 m, y el ancho de la calzada va disminuyendo progresivamente desde los 12,57 metros hasta llegar a 9,90 m

en la abscisa 0+560,00 m, este ancho se mantiene hasta la abscisa 0+800,00 m. Después de esta abscisa el ancho varía entre los 10,10 m y 9,4 m hasta el final del Tramo 3. El ancho de los carriles de circulación varía entre 3,65 m y 3,5 m. Este intervalo entra dentro de la clasificación de “Carretera Convencional Básica”.

### ***Situación actual de la vía***

El Tramo 1 está actualmente repavimentado, por lo que no presenta daños en su capa de rodadura. Sin embargo, en los Tramos 2 y 3 debido al paso del tiempo la carpeta asfáltica presenta un daño evidente, esto es consecuencia del paso constante de vehículos, como también del clima de la zona. Se puede apreciar que la capa de rodadura presenta un gran número de deformaciones, desprendimientos, fisuras y otros tipos de fallas que afectan la transitabilidad y obstruyen el desarrollo del sector. Además, las vías no cuentan con cunetas de drenaje en ningún tramo.

### **Evaluación funcional del pavimento**

La evaluación funcional es el procedimiento por el cual se compara las medidas de regularidad superficial y de fricción con los parámetros mínimos establecidos para estos elementos dentro de las normativas vigentes, con el objetivo de determinar la condición actual y el nivel de seguridad ofrecido por el pavimento (MTOPI, 2013).

En el presente estudio se realizó la evaluación funcional del pavimento por medio de una inspección visual a través del Método VIZIR (basado en el Manual de Rehabilitación de Pavimentos del Instituto Nacional de Vías, INVIAS), con el objetivo de obtener un inventario de fallas que nos permita determinar el índice de condición de pavimentos (PCI).

Después de realizar la inspección visual y el inventario de fallas se obtuvieron los siguientes resultados:

El Tramo 1, correspondiente a la Av. Manuel Quiroga, presenta trabajos de repavimentación reciente, por lo que no expone ningún tipo de daño o irregularidades en su capa de rodadura.

**Figura 3**

*Estado actual de la capa de rodadura del Tramo 1*



Tabla 4

Área de afectación Tramo 2 – Sentido E-O

Abscisa		Área afectada según el tipo de daño del pavimento (m2)																	Área Total Afectada (m2)
Desde	Hasta	Fisuras				Deformaciones			Pérdida de capas estructurales		Daños Superficiales								
		Fisura Longitudinal	Fisura Transversal	Fisura en junta de construcción	Fisura por deslizamiento de capas	Fisura de borde	Fisura en media luna	Piel de cocodrilo	Fisuras en bloque	Abultamiento	Hundimiento	Ahuellamiento	Descascaramiento	Baches	Parches	Desgaste superficial	Pérdida de agregados	Surcos	
0+000,0	0+100,0	17,30	9,40	15,00	-	-	-	489,31	2,80	-	8,01	6,20	-	17,54	-	3,40	-	568,96	
0+100,0	0+200,0	21,00	2,50	-	-	-	-	576,50	-	-	0,63	0,90	0,90	-	20,32	-	-	622,75	
0+200,0	0+300,0	-	3,00	-	-	-	-	263,00	68,30	-	-	10,80	0,36	0,70	26,66	33,00	20,00	1,00	426,82
0+300,0	0+400,0	-	3,00	-	-	-	-	258,00	178,00	-	-	9,60	0,34	3,50	42,60	13,00	36,00	-	544,04
0+400,0	0+500,0	34,00	18,00	7,00	10,00	21,00	5,00	5,00	21,00	0,60	9,60	21,00	1,20	1,00	10,00	15,84	5,00	5,00	190,24
0+500,0	0+600,0	21,00	12,00	4,00	5,00	17,00	6,00	4,00	19,00	1,30	3,60	4,00	0,60	2,20	13,00	12,80	4,00	7,00	136,50
<b>Total</b>		93,30	47,90	26,00	15,00	38,00	11,00	1.595,81	289,10	1,90	21,84	46,30	9,60	7,40	130,12	74,64	68,40	13,00	<b>2.489,31</b>

Tabla 5

Área de afectación Tramo 2 – Sentido O-E

## Área afectada según el tipo de daño del pavimento (m2)

Abscisa		Fisuras							Deformaciones			Pérdida de capas estructurales		Daños Superficiales			Área Total Afectada (m2)		
Desde	Hasta	Fisura Longitudinal	Fisura Transversal	Fisura en junta de construcción	Fisura por deslizamiento de capas	Fisura de borde	Fisura en media luna	Piel de cocodrilo	Fisuras en bloque	Abultamiento	Hundimiento	Ahuellamiento	Descascaramiento	Baches	Parches	Desgaste superficial		Pérdida de agregados	Surcos
0+000,00	0+100,00	17,00	7,30	-	-	-	0,40	314,00	101,00	8,70	-	-	0,90	-	50,30	-	12,50	-	512,10
0+100,00	0+200,00	14,60	12,10	-	-	-	-	231,50	54,00	-	-	-	0,10	-	14,30	-	-	-	326,60
0+200,00	0+300,00	18,47	33,95	-	-	-	2,25	356,70	-	13,80	-	-	3,40	0,70	28,91	88,70	-	-	546,88
0+300,00	0+400,00	6,70	14,80	-	-	-	-	106,63	122,75	-	-	-	-	0,28	81,5	-	-	-	332,66
0+400,00	0+500,00	202,10	-	-	-	-	-	75,59	4,10	-	0,79	-	1,79	0,80	21,90	-	-	-	307,07
0+500,00	0+600,00	48,90	9,70	-	-	-	-	47,76	-	-	-	-	-	1,16	74,51	-	-	-	182,03
<b>Total</b>		307,77	77,85	0,00	0,00	0,00	2,65	1.132,18	281,85	22,50	0,79	0,00	6,19	2,94	271,42	88,70	12,50	0,00	<b>2.207,34</b>

**Tabla 6***Porcentaje de afectación Tramo 2 – Sentido E-O*

Abscisa		Área (m2)	Área afectada (m2)	Porcentaje de afectación (%)
Desde	Hasta			
0+000,00	0+100,00	656,00	568,96	86,73%
0+100,00	0+200,00	800,00	622,75	77,84%
0+200,00	0+300,00	800,00	426,82	53,35%
0+300,00	0+400,00	800,00	544,04	68,01%
0+400,00	0+500,00	800,00	190,24	23,78%
0+500,00	0+600,00	800,00	136,50	17,06%
			<b>Promedio</b>	<b>54,46%</b>

**Tabla 7***Porcentaje de afectación Tramo 2 – Sentido O-E*

Abscisa		Área (m2)	Área afectada (m2)	Porcentaje de afectación (%)
Desde	Hasta			
0+000,00	0+100,00	656,00	512,10	78,06%
0+100,00	0+200,00	800,00	326,60	40,83%
0+200,00	0+300,00	800,00	546,88	68,36%
0+300,00	0+400,00	800,00	332,66	41,58%
0+400,00	0+500,00	800,00	307,07	38,38%
0+500,00	0+600,00	800,00	182,03	22,75%
			<b>Promedio</b>	<b>48,33%</b>

**Tabla 8***Porcentaje de afectación Tramo 2*

Abscisa		Área (m2)	Área afectada (m2)	Porcentaje de afectación (%)
Desde	Hasta			
0+000,00	0+100,00	1.312,00	1.081,06	82,40%
0+100,00	0+200,00	1.600,00	949,35	59,33%
0+200,00	0+300,00	1.600,00	973,70	60,86%
0+300,00	0+400,00	1.600,00	876,70	54,79%
0+400,00	0+500,00	1.600,00	497,31	31,08%
0+500,00	0+600,00	1.600,00	318,53	19,91%
			<b>Promedio:</b>	<b>51,40%</b>

El promedio de afectación en el Tramo 2 es de 51,40% en 9312,0 m<sup>2</sup> de área.



**Área afectada según el tipo de daño del pavimento (m2)**

Abscisa		Fisuras										Deformaciones			Pérdida de capas estructurales		Daños Superficiales			Área Total Afectada (m2)
Desde	Hasta	Fisura Longitudinal	Fisura Transversal	Fisura en junta de construcción	Fisura por deslizamiento de capas	Fisura de borde	Fisura en media luna	Piel de cocodrilo	Fisuras en bloque	Abultamiento	Hundimiento	Ahuellamiento	Descascaramiento	Baches	Parches	Desgaste superficial	Pérdida de agregados	Surcos		
<b>Total</b>		231,69	16,00	121,40	13,50	158,90	13,65	1.724,07	658,08	2,50	1,76	22,11	135,14	16,95	1630,88	495,36	262,18	3,65	<b>5.507,82</b>	

**Tabla 10***Porcentaje de afectación Tramo 3*

Abscisa		Área (m2)	Área afectada (m2)	Porcentaje de afectación (%)
Desde	Hasta			
0+000,00	0+100,00	600,00	307,76	51,29%
0+100,00	0+200,00	600,00	330,60	55,10%
0+200,00	0+300,00	600,00	165,40	27,57%
0+300,00	0+400,00	731,25	780,49	106,73%
0+400,00	0+500,00	1.125,00	620,56	55,16%
0+500,00	0+600,00	1.071,00	813,90	75,99%
0+600,00	0+700,00	9.90,00	515,00	52,02%
0+700,00	0+800,00	990,00	498,70	50,37%
0+800,00	0+900,00	990,00	299,50	30,25%
0+900,00	1+000,00	990,00	407,53	41,16%
1+000,00	1+100,00	990,00	313,69	31,69%
1+100,00	1+200,00	990,00	402,25	40,63%
1+200,00	1+226,00	253,50	52,44	20,69%
			<b>Promedio</b>	<b>49,13%</b>

El promedio de afectación en el Tramo 3 es de 43,13% en 10920,75 m<sup>2</sup> de área.

### ***Índice de condición de pavimentos (PCI)***

Es un indicador del estado de la estructura del pavimento y del nivel de servicio que ofrece la capa de rodadura al usuario. El Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03) consiste en realizar una inspección visual para obtener información de los daños existentes, su nivel de gravedad y densidad (cantidad), y a través de un factor de ponderación conocido como “Valor Deducido” indicar el grado en que estas fallas afectan al pavimento (Rodríguez, 2009).

El Índice de Condición de Pavimentos permite cuantificar el estado del pavimento para guiar las soluciones sobre su mantenimiento y reparación. El PCI tiene un rango de valores entre 0 y 100, dentro del cual se encuentran los grados de

condición del pavimento, los cuales son una descripción cualitativa del estado del corredor vial (Rodríguez, 2009).

**Tabla 11**

*Grados de Condición del PCI*

<b>Rango</b>	<b>Grado de Condición</b>
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Colapsado

*Nota:* Tomado de Cálculo Del Índice De Condición Del Pavimento Flexible En La Av. Luis Montero, Distrito De Castilla (Rodríguez, 2009)

**Tramo 1**

Como se indicó anteriormente, el Tramo 1 se encuentra con una capa de rodadura nueva, por lo que tiene un grado “Excelente”.

**Tramo 2 – Sentido E-O.**

Para el Tramo 2 al tener una sección transversal compuesta de 2 carriles de circulación por sentido, separados por un parterre central, se realizó la Evaluación Funcional por sentido de circulación, como se muestra a continuación:

Tabla 12

Área de afectación según el tipo de falla y Nivel de gravedad Tramo 2 E-O

Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	0+000,0-0+100,0	0+100,0-0+200,00	0+200,00-0+300,00	0+300,00-0+400,00	0+400,00-0+500,00	0+500,00-0+600,00	Total	Densidad	Valor Deducido
Fisura Longitudinal	B	7,0	1,0	-	-	13,0	10,0	31,00	0,67	1,0
	M	2,3	14,0	-	-	8,0	5,0	29,30	0,63	1,5
	A	8,0	5,0	-	-	5,2	6,3	24,50	0,53	6,0
Fisura Transversal	B	9,4	2,5	3,0	0,2	6,0	4,0	25,10	0,54	1,0
	M	-	-	-	-	6,0	4,0	10,00	0,21	1,0
	A	-	-	-	-	6,0	3,0	9,00	0,19	4,0
Fisura por deslizamiento de capas	B	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,0
	M	-	-	-	-	10,0	20,0	30,00	0,64	9,0
	A	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,0
Fisura de borde	B	-	-	-	-	13,0	15,0	28,00	0,60	1,0
	M	-	-	-	-	4,0	6,0	10,00	0,21	5,0
	A	-	-	-	-	4,0	7,0	11,00	0,24	9,0
Fisura en media luna	B	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,0
	M	-	-	-	-	5,0	2,0	7,00	0,15	3,0
	A	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,0
Piel de cocodrilo	B	105,4	365,7	170,0	276,0	5,0	3,0	925,1	19,87	40,0
	M	357,7	105,4	93,0	182,0	-	-	738,05	15,85	52,0
	A	-	-	-	-	-	-	0,0	0,00	0,0
Fisuras en bloque	B	-	-	12,0	30,0	21,0	22,0	85,0	1,83	1,0
	M	2,8	-	11,3	18,0	-	-	32,1	0,69	2,0
	A	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	6,0
Abultamiento	B	-	-	-	-	0,6	0,9	1,50	0,03	1,0
	M	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,0
	A	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,0
Hundimiento	B	-	-	-	-	1,5	1,6	3,10	0,07	4,0
	M	44,0	0,9	-	-	1,5	1,4	47,81	1,03	9,8

Tipo de Daño	Nivel de Gravedad	0+000,0-0+100,0	0+100,00-0+200,00	0+200,00-0+300,00	0+300,00-0+400,00	0+400,00-0+500,00	0+500,00-0+600,00	Total	Densidad	Valor Deducido
Ahuellamiento	A	-	0,6	-	-	1,5	2,1	4,23	0,09	12,0
	B	-	-	10,8	9,6	3,9	4,0	28,30	0,61	6,0
	M	-	-	-	-	2,0	9,0	11,00	0,24	8,5
Baches	A	-	-	-	-	3,2	3,2	6,40	0,14	10,5
	B	-	-	0,7	3,5	-	-	4,20	0,09	2,0
	M	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,0
Parches	A	-	-	-	-	1,0	1,5	2,50	0,05	20,0
	B	15,7	20,3	12,6	13,6	-	-	33,26	0,71	1,0
	M	1,8	-	3,8	7,0	10,0	12,0	89,00	1,91	12,0
Desgaste superficial y Pérdida de agregados	A	1,8	-	3,8	7,0	10,0	12,0	46,00	0,99	19,0
	B	-	-	10,3	23,0	-	-	0,00	0,00	1,5
	M	-	-	20,0	36,0	18,0	15,0	0,00	0,00	9,9
	A	-	-	-	-	21,0	25,0	0,00	0,00	18,0

**Valor Deducido Máximo (HDV).**

$$HDV = 52,0$$

**Número máximo admisible de Valores Deducidos (m).**

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - 52,0)$$

$$m = 5,41$$

**Valor Deducido Corregido.****Tabla 13**

*Cálculo del Valor Deducido Corregido Tramo 2 – Sentido E-O*

<b>Nro.</b>	<b>Valor Deducido</b>						<b>Total</b>	<b>q</b>	<b>CVD</b>
1	52,0	40,0	20,0	19,0	18,0	12,0	161,0	6,0	78,0
2	52,0	40,0	20,0	19,0	18,0	2,0	151,0	5,0	77,0
3	52,0	40,0	20,0	19,0	2,0	2,0	135,0	4,0	76,0
4	52,0	40,0	20,0	2,0	2,0	2,0	118,0	3,0	74,0
5	52,0	40,0	2,0	2,0	2,0	2,0	100,0	2,0	70,0
6	52,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	62,0	1,0	62,0
								<b>CDV máx.</b>	<b>78,0</b>

$$PCI = 100 - CDV_{máx}$$

$$PCI = 100 - 78,0$$

$$PCI = 22$$

De acuerdo a los grados de clasificación del PCI el Tramo 2 – Sentido E-O tiene una condición de “Muy Malo”.

**Tramo 2 – Sentido O-E.****Tabla 14***Área de afectación según el tipo de falla y Nivel de gravedad Tramo 2 E-O*

<b>Tipo de Daño</b>	<b>Nivel de Gravedad</b>	<b>0+000,0-0+100,0</b>	<b>0+100,0-0+200,00</b>	<b>0+200,00-0+300,00</b>	<b>0+300,00-0+400,00</b>	<b>0+400,00-0+500,00</b>	<b>0+500,00-0+600,00</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>Valor Deducido</b>
Fisura Longitudinal (m)	B	17,00	14,60	11,57	1,40	-	-	44,57	0,96	1,00
	M	-	12,10	6,90	12,00	162,40	48,90	242,30	5,20	10,10
	A	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Fisura Transversal (m)	B	-	-	24,40	2,80	-	-	27,20	0,58	1,00
	M	5,68	-	9,55	23,00	-	9,70	47,93	1,03	2,00
	A	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	4,00
Fisura por deslizamiento de capas (m <sup>2</sup> )	B	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	M	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	9,00
	A	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Fisura de borde (m)	B	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	M	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	A	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Fisura en media luna (m <sup>2</sup> )	B	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	M	0,40	-	-	-	-	-	0,40	0,01	1,00
	A	-	-	2,25	-	-	-	2,25	0,05	1,00
Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	B	292,00	226,50	173,70	67,88	-	47,73	807,81	17,35	40,00
	M	-	-	40,35	38,75	-	-	79,10	1,70	28,00
	A	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Fisuras en bloque (m <sup>2</sup> )	B	95,00	16,00	-	11,50	-	-	122,50	2,63	2,00
	M	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	A	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Abultamiento (m <sup>2</sup> )	B	-	-	3,00	-	-	-	3,00	0,06	1,00
	M	8,70	-	6,40	-	75,59	-	90,69	1,95	5,00
	A	-	-	4,40	-	-	-	4,40	0,09	1,00
	B	-	-	-	-	0,79	-	0,79	0,02	1,00

<b>Tipo de Daño</b>	<b>Nivel de Gravedad</b>	<b>0+000,0-0+100,0</b>	<b>0+100,00-0+200,00</b>	<b>0+200,00-0+300,00</b>	<b>0+300,00-0+400,00</b>	<b>0+400,00-0+500,00</b>	<b>0+500,00-0+600,00</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>Valor Deducido</b>
Hundimiento (m <sup>2</sup> )	M	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	A	-	-	2,25	-	-	-	2,25	0,05	1,00
	B	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Ahuellamiento (m <sup>2</sup> )	M	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	A	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	B	0,90	0,10	2,70	0,28	2,05	1,16	7,19	0,15	5,00
Baches (m <sup>2</sup> )	M	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	A	-	-	0,70	-	-	-	0,70	0,02	1,00
	B	-	-	0,16	-	-	-	0,16	0,00	0,00
Parches (m <sup>2</sup> )	M	19,30	14,30	16,10	29,50	21,90	42,95	144,05	3,09	19,00
	A	31,00	-	12,10	52,00	-	29,70	124,80	2,68	28,00
Desgaste superficial y Pérdida de agregados (m <sup>2</sup> )	B	-	-	13,60	-	-	-	13,60	0,29	1,00
	M	12,50	-	58,60	-	-	-	71,10	1,53	9,90
	A	-	-	16,50	-	-	-	16,50	0,35	10,20

**Valor Deducido Máximo (HDV).**

$$HDV = 40,0$$

**Número máximo admisible de Valores Deducidos (m).**

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - 40,0)$$

$$m = 6,51$$

**Valor Deducido Corregido.****Tabla 15**

*Cálculo del Valor Deducido Corregido Tramo 2 O-E*

<b>Nro.</b>	<b>Valor Deducido</b>							<b>Total</b>	<b>q</b>	<b>CVD</b>
1	40,00	28,00	28,00	19,00	10,20	10,10	9,90	145,20	7	70
2	40,00	28,00	28,00	19,00	10,20	10,10	2,00	137,30	6	67
3	40,00	28,00	28,00	19,00	10,20	2,00	2,00	129,20	5	67
4	40,00	28,00	28,00	19,00	2,00	2,00	2,00	121,00	4	70
5	40,00	28,00	28,00	2,00	2,00	2,00	2,00	104,00	3	65
6	40,00	28,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	78,00	2	56
7	40,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	52,00	1	53
									<b>CDV máx.</b>	<b>70</b>

$$PCI = 100 - CDV_{máx}$$

$$PCI = 100 - 70,0$$

$$PCI = 30$$

De acuerdo a los grados de clasificación del PCI el Tramo 2 – Sentido O-E tiene una condición de “Malo”.

**Tramo 3.****Tabla 16**

Área de afectación según el tipo de falla y Nivel de gravedad Tramo 3

Tipo de Daño	N. G.	0+000,0-0+100,0	0+100,0-0+200,0	0+200,0-0+300,0	0+300,0-0+400,0	0+400,0-0+500,0	0+500,0-0+600,0	0+600,0-0+700,0	0+700,0-0+800,0	0+800,0-0+900,0	0+900,0-1+000,0	1+000,0-1+100,0	1+100,0-1+200,0	1+200,0-1+226,0	Total	Densidad	Valor Deducido
Fisura	B	1,90	-	-	126,00	29,60	-	10,00	19,00	16,00	-	31,79	-	-	234,29	2,15	1,00
Longitudinal (m)	M	6,20	-	1,00	63,20	146,00	92,00	2,00	45,00	-	-	-	-	-	355,40	3,25	9,00
	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Fisura Transversal (m)	B	5,30	-	-	-	1,80	-	2,25	-	-	-	-	-	-	9,35	0,09	1,00
	M	-	-	-	-	-	-	-	-	5,45	-	-	-	-	5,45	0,05	1,00
Fisura por deslizamiento de capas (m <sup>2</sup> )	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	B	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	1,00	0,01	1,00
Fisura de borde (m)	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Fisura en media luna (m <sup>2</sup> )	B	-	-	-	12,50	-	-	-	-	-	-	-	13,65	-	26,15	0,24	1,00
	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	B	15,77	19,75	-	52,30	16,00	260,00	98,46	122,60	159,20	308,96	266,78	17,60	25,68	1363,10	12,48	38,00
Fisuras en bloque (m <sup>2</sup> )	M	28,50	20,45	-	22,10	-	220,00	-	-	-	3,57	-	-	-	294,62	2,70	32,00
	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Abultamiento (m <sup>2</sup> )	B	34,60	-	-	7,20	39,60	-	-	-	67,50	-	7,02	276,50	26,76	459,18	4,20	4,00
	M	18,96	3,60	-	70,00	-	-	5,90	42,00	-	-	-	-	-	140,46	1,29	5,00
Abultamiento (m <sup>2</sup> )	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	B	-	-	-	3,74	-	-	-	-	1,20	-	-	-	-	4,94	0,05	1,00
Abultamiento (m <sup>2</sup> )	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00

Tipo de Daño	N. G.	0+000,0-0+100,0	0+100,0-0+200,0	0+200,0-0+300,0	0+300,0-0+400,0	0+400,0-0+500,0	0+500,0-0+600,0	0+600,0-0+700,0	0+700,0-0+800,0	0+800,0-0+900,0	0+900,0-1+000,0	1+000,0-1+100,0	1+100,0-1+200,0	1+200,0-1+226,0	Total	Densidad	Valor Deducido
Hundimiento (m <sup>2</sup> )	B	-	-	-	-	-	-	1,76	-	-	-	-	-	-	1,76	0,02	4,00
	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Ahuellamiento (m <sup>2</sup> )	B	12,75	2,50	-	-	-	-	9,29	-	-	-	-	-	-	24,54	0,22	2,00
	M	3,80	-	-	-	-	-	5,05	-	-	-	-	-	-	8,85	0,08	5,00
	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Baches (m <sup>2</sup> )	B	-	-	0,90	1,65	63,51	38,70	15,43	-	0,35	-	3,90	0,30	-	124,74	1,14	24,00
	M	-	6,00	-	6,52	0,50	-	3,20	-	0,13	-	-	-	-	16,35	0,15	8,00
	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00
Parches (m <sup>2</sup> )	B	-	265,20	148,50	221,63	230,65	50,20	130,40	9,00	-	-	-	93,60	-	1149,18	10,52	18,00
	M	61,26	9,10	15,00	37,35	69,50	10,10	4,50	-	-	-	-	-	-	206,81	1,89	12,00
	A	123,80	-	-	68,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	191,80	1,76	23,00
Desgaste superficial y Pérdida de agregados (m <sup>2</sup> )	B	-	-	-	-	1,60	-	158,08	239,85	38,00	-	3,40	-	-	440,93	4,04	2,00
	M	-	-	-	219,00	3,30	-	30,15	-	-	-	-	-	-	252,45	2,31	10,00
	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00

**Valor Deducido Máximo (HDV).**

$$HDV = 38,0$$

**Número máximo admisible de Valores Deducidos (m).**

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV)$$

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - 38,0)$$

$$m = 6,69$$

**Valor Deducido Corregido.****Tabla 17**

Cálculo del Valor Deducido Corregido Tramo 3

Nro.	Valor Deducido							Total	q	CVD
1	38,0	32,0	24,0	23,0	18,0	12,0	10,0	157,0	7,0	74,0
2	38,0	32,0	24,0	23,0	18,0	12,0	2,0	149,0	6,0	73,0
3	38,0	32,0	24,0	23,0	18,0	2,0	2,0	139,0	5,0	72,0
4	38,0	32,0	24,0	23,0	2,0	2,0	2,0	123,0	4,0	70,0
5	38,0	32,0	24,0	2,0	2,0	2,0	2,0	102,0	3,0	65,0
6	38,0	32,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	80,0	2,0	57,0
7	38,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	50,0	1,0	50,0
									<b>CDV máx.</b>	<b>74,0</b>

$$PCI = 100 - CDV_{máx}$$

$$PCI = 100 - 74,0$$

$$PCI = 26$$

De acuerdo a los grados de clasificación del PCI el Tramo 2 – Sentido O-E tiene una condición de “Malo”.

**Evaluación estructural del pavimento**

Es el estudio y análisis de los resultados e información de las deflexiones, espesores y ensayos destructivos para determinar la condición estructural actual del

pavimento. Es decir, establecer la afectación del pavimento y su capacidad residual ante las cargas futuras (MTOPI, 2013).

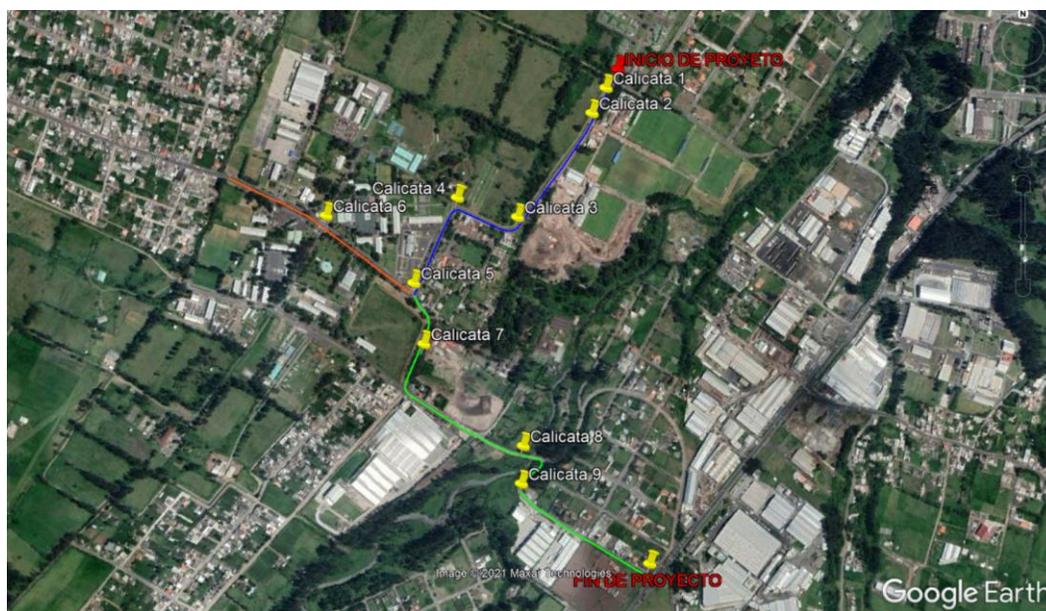
### **Calicatas**

Para conocer la estructura del pavimento se realizó calicatas en nueve puntos a lo largo de los diferentes tramos. Este proceso consiste en una prospección geotécnica a cielo abierto, que incluye la toma de muestras para la realización de diferentes ensayos detallados más adelante.

Después de realizar una caracterización de materiales en campo en los nueve puntos donde se ubican las calicatas se logró identificar los espesores de las capas del pavimento en la zona de estudio.

### **Figura 4**

*Ubicación de los puntos de Calicatas y ensayos DCP*



*Nota:* Tomado de Google Earth.

Los resultados de la prospección geotécnica se detallan a continuación:

### **Tabla 18**

*Espesores de las capas del pavimento medidos en campo*

Tramos	Prof. (m)	Descripción del material encontrado	Observación
		<b>Calicata 1 ABS 0+068,00 m; 9961664,00 m S, 781546,00 m E</b>	
	± 0,00		
	-0,10	Capa de rodadura	Mezcla asfáltica
		Material granular en matriz de limo arcillosa.	Color café oscuro. Material saturado por cuerpos de agua. Material de relleno, presencia de cascajos.
	-0,50		
		Material granular en matriz de limo arcillosa.	Color café oscuro. Material húmedo, presencia de nivel freático.
	-1,00		
		Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material saturado, presencia de cuerpos de agua.
	-1,50		
		<b>Calicata 2 ABS 0+149,00 m; 9961596,00 m S, 781508,00 m E</b>	
	± 0,00		
	-0,05	Capa de rodadura	Mezcla asfáltica
		Material triturado y arena.	Posiblemente material de Sub base
	-0,50		
		Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo, presencia de nivel freático.
	-1,00		
		Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo. Material de relleno.
	-1,50		
		<b>Calicata 3 ABS 0+497,00 m; 9961315,00 m S, 781306,00 m E</b>	
	± 0,00		
	-0,10	Capa de rodadura	Mezcla asfáltica
		Material granular en matriz de limo arcilloso.	Color café oscuro, con presencia de gravas gruesas. Material húmedo, presencia de cuerpos de agua.
	-0,50		

Tramos	Prof. (m)	Descripción del material encontrado	Observación
	-1,00	Material granular en matriz de limo arcilloso.	Color café oscuro, con presencia de gravas gruesas. Material húmedo, presencia de nivel freático.
	-1,50	Material granular en matriz de limo arcilloso.	Color café oscuro. Material saturado parcialmente.
		<b>Calicata 4 ABS 0+677,00 m; 9961367,00 m S, 781143,00 m E</b>	
	± 0,00		
	-0,10	Capa de rodadura	Mezcla asfáltica
	-0,50	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro, con presencia de gravas gruesas.
	-1,00	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo, presencia de nivel freático. material de relleno.
	-1,50	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo. Material de relleno.
		<b>Calicata 5 ABS 0+009,00; 9961137,00 m S, 781025,00 m E</b>	
	± 0,00		
	-0,10	Capa de rodadura	Mezcla asfáltica
		Material granular. Rocas de diámetro entre 20 y 40 cm.	Color café oscuro, con presencia de gravas gruesas. Material de relleno.
	-0,50	Material granular en matriz de limo arenoso.	
Tramo 2	-1,00	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo, presencia de nivel freático. Material de relleno.
	-1,50	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo. Material de relleno.

Tramos	Prof. (m)	Descripción del material encontrado	Observación
Tramo 3		<b>Calicata 6 ABS 0+311,00 m; 9961319,00 m S, 780787,00 m E</b>	
	± 0,00		
	-0,05	Capa de rodadura	Mezcla asfáltica
	-0,50	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro, con presencia de gravas gruesas.
	-1,00	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo, presencia de nivel freático.
	-1,50	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo. Suelo natural (Subrasante).
		<b>Calicata 7 ABS 0+178,00 m; 9960973,00 m S, 781052,00 m E</b>	
	± 0,00		
	-0,05	Capa de rodadura	Mezcla asfáltica
	-0,50	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro, con presencia de gravas gruesas. Material de relleno.
-1,00	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo, presencia de nivel freático. Material de relleno.	
-1,50	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo. Suelo natural (Subrasante).	
	<b>Calicata 8 ABS 0+646.00 m; 9960696.00 m S, 781321,00 m E</b>		
± 0,00			
-0,05	Capa de rodadura	Mezcla asfáltica	
-0,50	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro, con presencia de gravas gruesas, diámetro máximo 20 cm. Material de relleno.	

Tramos	Prof. (m)	Descripción del material encontrado	Observación
	-1,00	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo, presencia de nivel freático. Material de relleno.
	-1,50	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo. Presencia de suelo humífero. Material de relleno.
<b>Calicata 9 ABS 0+824,00 m; 9960594,00 m S, 781316,00 m E</b>			
± 0.00	-0,05	Capa de rodadura	Mezcla asfáltica
	-0,50	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro, con presencia de gravas gruesas y bloques de roca entre 5 y 30 cm. Material húmedo. Material de relleno.
	-1,00	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro, con presencia de gravas gruesas y bloques de roca entre 5 y 30 cm. Mayor humedad. Material de relleno.
	-1,10	Material granular en matriz de limo arenoso.	Color café oscuro. Material húmedo. Material de relleno.
	-1,50		

Después de realizar la caracterización en campo por medio de las calicatas se evidenció que la carpeta de rodadura no mantiene un espesor uniforme a lo largo de cada tramo. Además, se constató que no se cuenta con una estructura adecuada del pavimento, ya que no se encontró material de Base o Sub bases en ningún tramo, a excepción del Tramo 1 donde se pudo encontrar materia triturado el cual se presume corresponde a una Sub base.

Asimismo, se encontró gravas y rocas de gran tamaño, con la presencia de fragmentos de ladrillo y escombros, por lo que se asume que el terreno sobre el que se encuentran las vías es suelo de relleno.

### ***Ensayo Cono de Penetración Dinámico (DCP)***

Este ensayo permite realizar una auscultación in situ para obtener un Valor de Soporte Relativo (CBR) en campo a través de la norma ASTM D 6951-03 (Toledo, 2020). La norma establece relaciones entre el DCP obtenido y la descripción del suelo para materiales arenosos como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 19**

*Relaciones para valores obtenidos Ensayo DCP*

<b>Descripción</b>	<b>DDP (mm/golpe)</b>
Muy suelto	>76
Suelto	31 -76
Medianamente denso	13 -31
Denso	5 - 13
Muy denso	2 -5

*Nota: Tomado de El Cono Dinámico de Penetración y su Aplicación en la Evaluación de Suelos (Viscarra Agreda, 2006)*

Los resultados obtenidos del ensayo, así como su relación con lo establecido en la norma se muestran a continuación:

**Tabla 20**

*Resultados del Ensayo DCP*

<b>Tramo</b>	<b>Calicata Nro.</b>	<b>Abscisa (km)</b>	<b>DCP (mm/golpe)</b>	<b>CBR in situ (%)</b>	<b>Descripción del suelo</b>
1	1	0+068,00	19,523	10,47	Medianamente denso

Tramo	Calicata Nro.	Abscisa (km)	DCP (mm/golpe)	CBR in situ (%)	Descripción del suelo
2	2	0+149,00	21,226	9,53	Medianamente denso
	3	0+497,00	18,735	10,97	Medianamente denso
	4	0+677,00	54,141	3,34	Suelto
	5	0+009,00	25,81	7,66	Medianamente denso
	6	0+311,00	25,96	7,61	Medianamente denso
	7	0+178,00	27,036	7,27	Medianamente denso
	3	8	0+646,00	22,23	9,05
9		0+824,00	35,399	5,38	Suelto

### ***Caracterización de material granular***

Para conocer las propiedades y características de los materiales encontrados en la zona de estudio se realizaron los siguientes ensayos:

- Ensayo granulométrico (ASTM D-422): se realiza para establecer la gradación del material y conocer la distribución según el tamaño de las partículas y determinar el porcentaje de grava, arena y finos (Quishpe Muela, 2021). Además, este ensayo nos va a indicar si los materiales encontrados se encuentran dentro de los límites granulométricos para sub bases establecidos en las Especificaciones Generales para la Construcción De Caminos y Puentes (MOP, Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes, 2002):

### **Tabla 21**

*Granulometría para sub bases*

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	Clase 1	Clase 2	Clase 3
3" (76,2 mm.)	-	-	100
2" (50,4 mm.)	-	100	-
1 1/2" (38,1 mm.)	100	70 – 100	-
Nº 4 (4,75 mm.)	30 – 70	30 – 70	30 – 70
Nº 40 (0,425 mm.)	10 – 35	15 – 40	-
Nº 200 (0,075 mm.)	0 – 15	0 – 20	0 – 20

*Nota:* Recuperado de las Especificaciones Generales para la Construcción De Caminos y Puentes (MOP, 2002)

- Ensayo contenido de humedad (ASTM D-2216): sirve para determinar la cantidad de agua en una muestra de suelo (Noriega y Villareal, 2017).
- Límite Líquido (método de Casagrande) y límite plástico (ASTM D-4318): nos permiten conocer los estados de humedad donde el suelo cambia de comportamiento (Quishpe, 2021).
- Ensayo de Proctor modificado (ASTM D-1557): nos ayuda a obtener la relación entre el contenido de humedad y densidad seca de la muestra, para identificar el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima del suelo (Quishpe, 2021).
- Ensayo de capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883): para determinar la resistencia al corte de la subrasante (Nacevilla Toaquiza, 2018).

La clasificación de suelos se realizó por:

- Clasificación de los suelos Método SUCS (ASTM D 2487): se asigna un símbolo a cada tipo de suelo que depende de su composición, orgánicos o inorgánicos, y del porcentaje del tamaño de partículas finas o gruesas que contenga el suelo (Noriega y Villareal, 2017).

- Clasificación de los suelos Método AASHTO (ASTM D 3282): este método se usa para clasificar a los materiales que van a usarse en la construcción de carreteras. Para lo cual se utiliza el Ensayo Granulométrico, y los límites líquido y plástico (Noriega y Villareal, 2017). Además, este método incorpora el Índice de Grupo (IG) como un parámetro para evaluar la calidad del material para ser usado de subrasante, este número es inversamente proporcional al rendimiento del suelo como material para subrasante, y se calcula de la siguiente manera (Das, 2013):

$$IG = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(IP - 10)$$

Donde:

$F$  = porcentaje pasado por el tamiz N° 200

$LL$  = límite líquido

$IP$  = índice de plasticidad

Para esto se tomaron muestras a -0,50 m, -1,0 m y -1,5 m de profundidad en los nueve puntos de las calicatas. Los resultados de los ensayos se presentan a continuación:

Tabla 22

## Propiedades del suelo

Tramo	Calicata Nro.	Abscisa (km)	Prof. (m)	Gradación - % que pasa				LL	LP	IP	Humedad Natural (%)	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
				N°4	N°10	N°40	N°200						
Tramo 1	1	0+068,0	-0,50	84%	75%	61%	40%	No plástico	27%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos
			-1,00	84%	75%	58%	35%	No plástico	30%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos
			-1,50	91%	85%	75%	62%	No plástico	44%	ML	Limo arenoso con grava	A-4	Suelos limosos
	2	0+149,0	-0,50	86%	76%	65%	41%	No plástico	31%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos
			-1,00	87%	78%	60%	32%	No plástico	34%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos
			-1,50	86%	76%	57%	32%	No plástico	41%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos
	3	0+497,0	-0,50	83%	72%	54%	30%	No plástico	16%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos
			-1,00	90%	81%	66%	41%	No plástico	29%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos
			-1,50	91%	82%	64%	39%	No plástico	32%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos
	4	0+677,0	-0,50	83%	72%	54%	30%	No plástico	16%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos
			-1,00	90%	82%	67%	43%	No plástico	24%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos
			-1,50	92%	82%	65%	41%	No plástico	28%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos
Tramo 2	5	0+009,0	-0,50	88%	78%	62%	31%	No plástico	20%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos

Tramo	Calicata Nro.	Abscisa (km)	Prof. (m)	Gradación - % que pasa				LL	LP	IP	Humedad Natural (%)	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO		
				N°4	N°10	N°40	N°200								
Tramo 3	6	0+311,0	-1,00	92%	87%	77%	43%	No plástico		28%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos	
			-1,50	86%	77%	63%	34%	22%	22%	1%	35%	SC	Arena arcillosa	A-2-4(0)	Limo o grava arcillosa y arena
			-0,50	74%	64%	46%	19%	No plástico		17%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos	
			-1,00	96%	93%	87%	48%	No plástico		35%	GM	Grava limosa con arena	A-4	Suelos limosos	
			-1,50	82%	75%	60%	33%	18%	23%	-5%	25%	GC	Grava arcillosa con arena	A-2-4(0)	Limo o grava arcillosa y arena
			-0,50	84%	73%	55%	31%	No plástico		15%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos	
	7	0+178,0	-1,00	90%	81%	65%	40%	No plástico		31%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos	
			-1,50	91%	81%	63%	37%	No plástico		35%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos	
			-0,50	84%	73%	56%	33%	No plástico		11%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos	
	8	0+646,0	-1,00	90%	81%	66%	41%	No plástico		29%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos	
			-1,50	92%	82%	64%	40%	No plástico		29%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos	
			-0,50	78%	67%	51%	29%	No plástico		23%	SM	Arena limosa con grava	A-4	Suelos limosos	
	9	0+824,0	-1,00	40%	29%	16%	0%	No plástico		24%	ML	Limo arenoso con grava	A-1-b(0)	Fragmentos de roca, grava y arena	

Tramo	Calicata Nro.	Abscisa (km)	Prof. (m)	Gradación - % que pasa				LL	LP	IP	Humedad Natural (%)	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO		
				N°4	N°10	N°40	N°200								
			-1,50	65%	53%	39%	23%	33%	28%	6%	26%	SM	Arena limosa con grava	A-1-b(0)	Fragmentos de roca, grava y arena

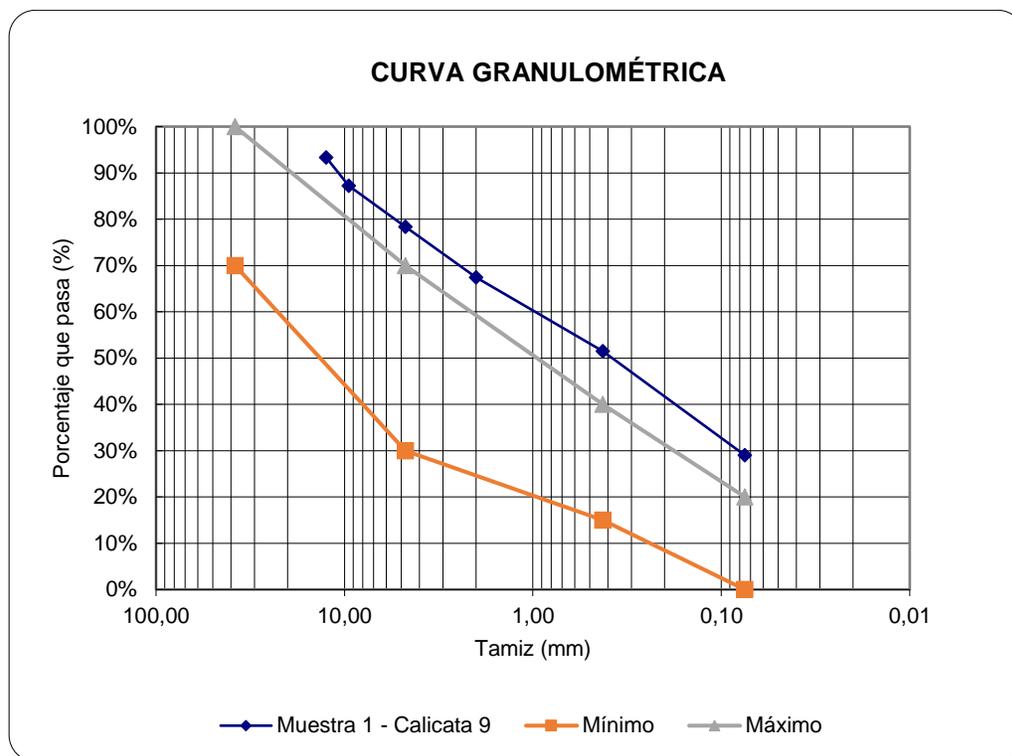
Después de realizar los ensayos de caracterización de materiales en laboratorio se determinó que:

- En el Tramo 1 existe la presencia de Arena limosa con grava (SM), de acuerdo a la clasificación SUCS, en toda su extensión, todo el suelo es no plástico, y la mayor humedad natural se registró en la abscisa 0+068,0 con un valor de 44%.
- En el Tramo 2 existe mayormente presencia de Arena limosa con grava (SM), y de suelos no plásticos. A pesar de que las muestras tomadas en las Calicatas 5 y 6 a una profundidad de -1,50 m. si presentan plasticidad esta es casi nula.
- En el Tramo 3 existe mayormente presencia de Arena limosa con grava (SM), y de suelos no plásticos, a excepción de las muestras tomadas en la Calicata 9, donde existe Limo arenoso con grava (ML) y Arena limosa con grava (SM) con baja plasticidad.

Mediante el Ensayo Granulométrico (ASTM D-422) se obtuvo las curvas granulométricas de las muestras. A continuación, se presentan los resultados de la Calicata 9 (Para ver el resto de resultados véase en Anexos):

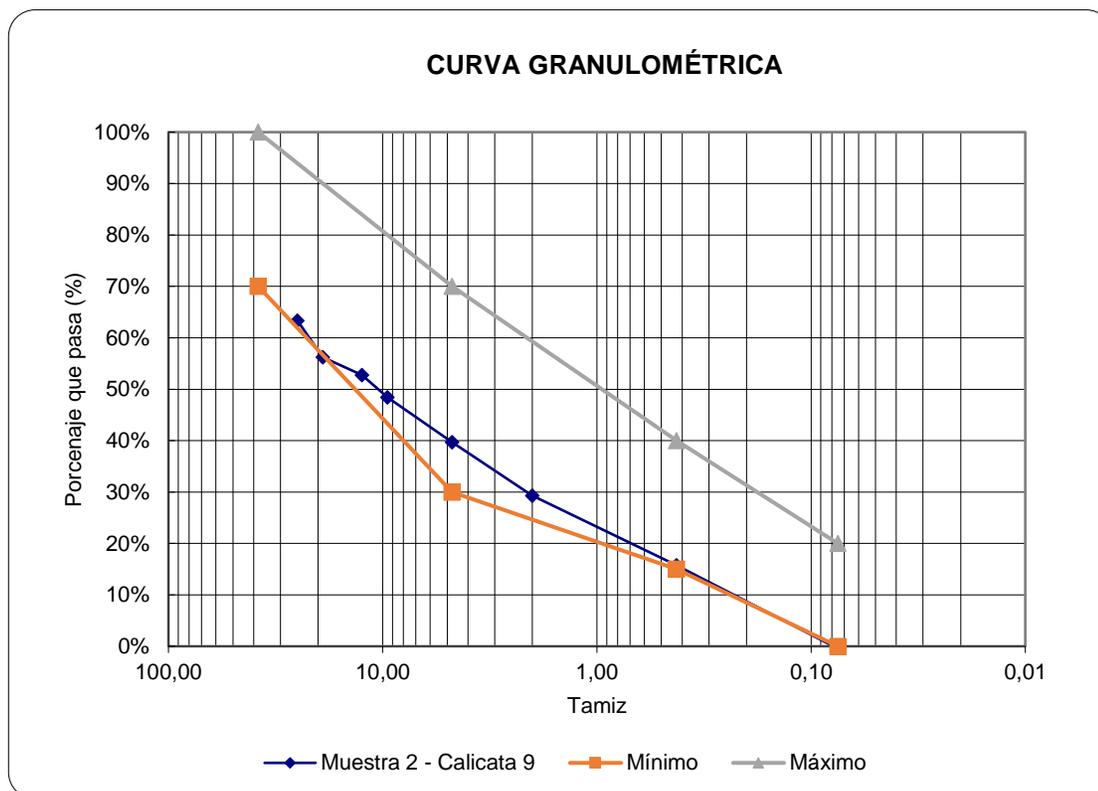
### **Figura 5**

*Curva granulométrica Muestra 1 (-0,50m) – Calicata 9*

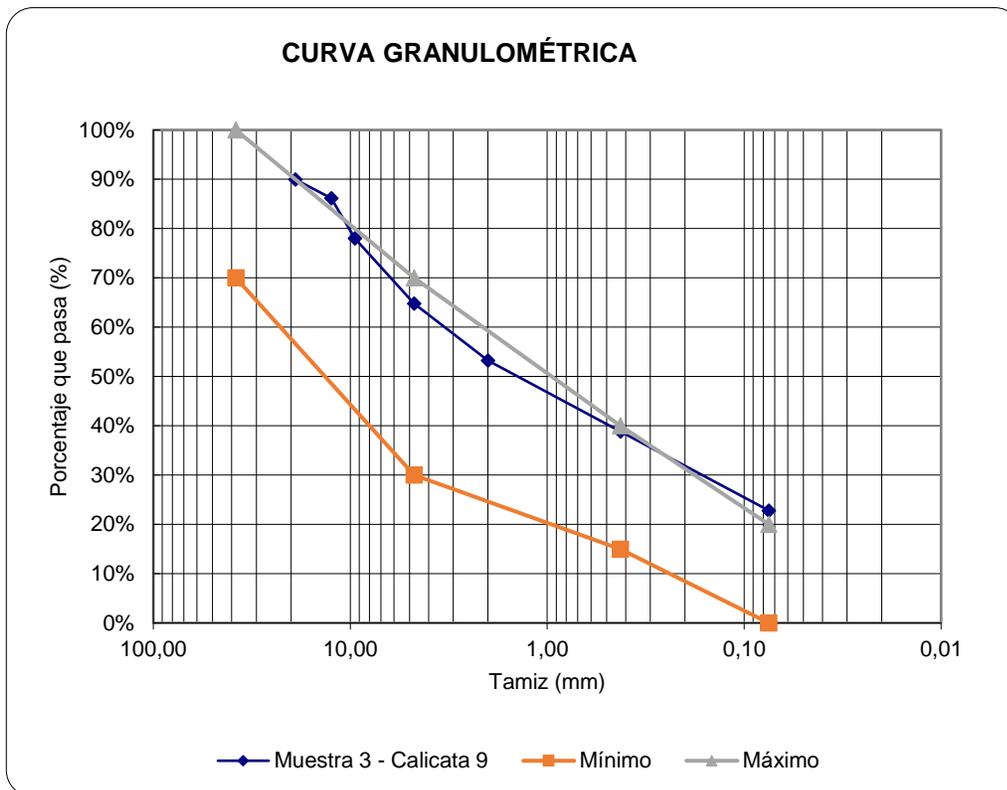


**Figura 6**

*Curva granulométrica Muestra 2 (-1,00m) – Calicata 9*



**Figura 7**  
*Curva granulométrica Muestra 3 (-1,50m) – Calicata 9*



De acuerdo a las curvas granulométricas el material de la Calicata 9 se encuentra muy próximo a los límites para ser clasificado como Sub base conforme a lo establecido en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes (MOP, 2002). Los materiales encontrados en el resto de calicatas se encuentran muy alejados de los límites establecidos en estas Especificaciones Generales.

De acuerdo a la caracterización de materiales y ensayos granulométricos que se realizaron, los materiales que se encontraron no se encuentran dentro de los límites granulométricos para ser clasificados como bases o sub bases en ninguna calicata donde se tomaron muestras. A continuación, se presenta un resumen de la estructura del pavimento encontrada en cada una de las calicatas realizadas:

**Tabla 23**  
*Estructura Actual del Pavimento*

Tramo	Calicata Nro.	Abscisa (km)	Presencia de material de sub base granular	Presencia de material de base granular
1	1	0+068,00	No	No
	2	0+149,00	No	No
	3	0+497,00	No	No
	4	0+677,00	No	No
2	5	0+009,00	No	No
	6	0+311,00	No	No
	7	0+178,00	No	No
3	8	0+646,00	No	No
	9	0+824,00	No	No

Los ensayos de Proctor modificado (ASTM D 1557) y de Capacidad de soporte CBR (ASTM D-1883) se realizaron con muestras tomadas a -1,50 m de profundidad. A continuación, se presentan los criterios de aceptación para subrasantes de acuerdo a las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes (MOP, 2002), que establece se debe cumplir con CBR >10%. Además, se presenta la Clasificación de Subrasantes de acuerdo al Capítulo 5 de "Diseño de pavimentos flexibles" desarrollado por el Ministerio de Obras Públicas.

**Tabla 24**  
*Clasificación de Subrasantes*

Clasificación	CBR
S1	5% - 10%
S2	10% - 20%
S3	≥ 20%

*Nota:* Tomado de Evaluación funcional - estructural del pavimento del anillo de circunvalación vial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, mediante métodos convencionales y tecnología de alto rendimiento ensayo Falling Weight Deflectometer (FWD) y propuesta de rehabilitación (Toledo, 2020).

Para subrasantes con un CBR>6%, que entran en la calificación de “Pobres”, se recomienda retirar el material inadecuado para reemplazarlo con material granular con CBR>10% (Espinoza, 2018). Por lo cual se utilizó este parámetro como criterio de aceptación para el material encontrado:

**Tabla 25**

*Resultados de los ensayos Proctor Modificado y Capacidad de Soporte CBR*

Tramo	Calicata Nro.	Abscisa (km)	Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima (%)	CBR de laboratorio		Criterio de aceptación	Clasificación de la subrasante
					0,1	0,2		
1	1	0+068,00	1,739	14,50%	9,90%	11,20%	No se acepta	S1
	2	0+149,00	1,815	14,30%	7,90%	9,00%	No se acepta	S1
	3	0+497,00	1,925	10,55%	10,45%	11,40%	Se acepta	S2
	4	0+677,00	1,8	12,15%	4,95%	6,60%	No se acepta	S1
2	5	0+009,00	1,898	12,80%	7,50%	8,00%	No se acepta	S1
	6	0+311,00	1,959	8,65%	9,60%	11,85%	No se acepta	S1
	7	0+178,00	2,02	10,85%	10,30%	12,40%	Se acepta	S2
3	8	0+646,00	1,851	11,50%	7,70%	8,60%	No se acepta	S1
	9	0+824,00	1,77	11,90%	4,80%	6,30%	No se acepta	S1

## CAPÍTULO IV

### Solicitaciones, características de tránsito y ejes equivalentes de carga

#### Metodología del Estudio de Tráfico

#### Localización geográfica del proyecto

La zona de estudio para el presente proyecto se ubica estratégicamente en el sector de La Balvina, parroquia de Amaguaña, específicamente en el FUERTE MILITAR “GRAD. MARCO AURELIO SUBÍA”.

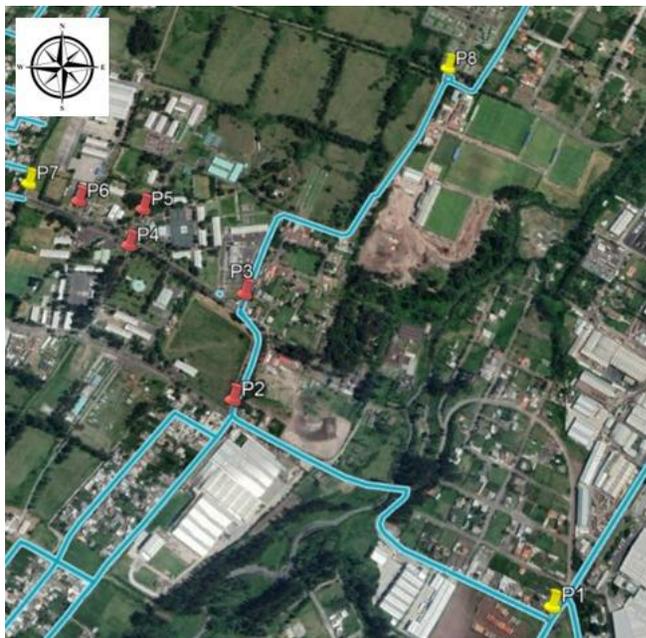
Abarca los corredores viales comprendidos desde la Av. Jacinto Jijón y Caamaño, Av. Manuel Quiroga hasta la Vivienda Fiscal.

Las coordenadas de las intersecciones principales que van a ser analizadas son:

- 1) Intersección N.º 1 Avenida Jacinto Jijón y Caamaño y Troncal de la Sierra N 0° 21' 28,5" E -78° 28' 11".
- 2) Intersección N.º 2 Avenida Jacinto Jijón y Caamaño y Juan de Dios Morales N 0° 21' 13,2" E -78° 28' 31,9".
- 3) Intersección N.º 3 Avenida Jacinto Jijón y Caamaño y Avenida Manuel Quiroga N 0° 21' 4,3" E -78° 28' 31,2".
- 4) Intersección N.º 4 Avenida Jacinto Jijón y Caamaño, B.E. N 0° 20' 58,3" E -78° 28' 39,2".
- 5) Intersección N.º 5 Avenida Jacinto Jijón y Caamaño, B.E. N 0° 20' 58,8" E -78° 28' 38,6".
- 6) Intersección N.º 6 Avenida Jacinto Jijón y Caamaño, B.E. N 0° 20' 56,1", E -78° 28' 42,6".
- 7) Intersección N.º 7 Avenida Jacinto Jijón y Caamaño N 0° 20' 54,1" E -78° 28' 47".
- 8) Intersección N.º 8 Avenida Manuel Quiroga N 0° 20' 45,6" E -78° 28' 13,3".

#### Figura 8

*Ubicación de las intersecciones y puntos de control*



*Nota.* Ubicación de las intersecciones en la zona de estudio. Tomado de Google Maps.

### **Características del entorno**

El sector tiene características rurales con una densidad poblacional muy importante. Las vías de ingreso se inician con un tráfico vehicular atraído desde la Troncal de la Sierra-E35, generando un flujo de tránsito en la Avenida Jacinto Jijón y Caamaño y Manuel Quiroga. Actualmente este corredor vial dispone de una capa de rodadura en medianas condiciones sin señalización vertical u horizontal. Para la movilidad del peatón, se dispone de aceras en condiciones moderadas en algunos tramos de la Avenida Jacinto Jijón y Caamaño.

### **Figura 9**

*P1.* Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Troncal de la Sierra



*Nota.* En esta intersección se consideran ambos sentidos de circulación, cuenta con semaforización tanto para los vehículos que ingresan desde la Troncal de la Sierra, como para los que salen de la Jacinto Jijón y Caamaño.

Se eligió esta intersección como punto de control clave puesto que sirve de acceso para el ingreso y salida de los vehículos a una avenida principal. A parte de dirigirse al Fuerte Militar, el mayor tráfico atraído llega por el funcionamiento de las empresas y bodegas de Agripac, Zaimella y al Complejo Independiente del Valle.

### **Figura 10**

*P2. Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Juan de Dios Morales*



*Nota.* En esta intersección se consideran tanto sentidos como giros de circulación, no cuenta con semaforización ni señalización horizontal.

Este punto de control presenta un aumento adicional al volumen principal de la zona de estudio, debido a la intersección con la Juan de Dios Morales que da paso a uno de los barrios de la Balvina.

### Figura 11

*P3. Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Manuel Quiroga*



*Nota.* En esta intersección se consideran tanto sentidos como giros de circulación, no cuenta con semaforización ni señalización horizontal.

Por este sector transitan vehículos de todo tipo; al continuar por la Jacinto Jijón pueden dirigirse a las Unidades del Fuerte Militar “Grad. Marco Aurelio Subía”, o a su vez pasar a la vía antigua que conduce a la parroquia de Amaguaña. Mientras que si toman la Av. Manuel Quiroga se puede llegar al Complejo IDV, Vivienda Fiscal del personal militar, o continuar a la comunidad de Fajardo.

**Figura 12**

**P4 y P5** Av. Jacinto Jijón y Caamaño, B.E. 68 COTOPAXI y B.E. 69 CHIMBORAZO



*Nota.* En esta intersección se consideran tanto sentidos como giros de circulación, no cuenta con semaforización ni señalización vertical u horizontal.

**Figura 13**

**P6.** Av. Jacinto Jijón y Caamaño, 15 BAE PAQUISHA



*Nota.* En esta intersección se consideran tanto sentidos como giros de circulación, no cuenta con semaforización ni señalización vertical u horizontal.

**Figura 14**

*P7. Av. Jacinto Jijón y Caamaño*



*Nota.* Esta intersección es el punto final de la avenida analizada, se consideran sentidos de circulación, cuenta con un rompe velocidades, pero no con semaforización ni señalización vertical u horizontal.

**Figura 15**

*P8. Av. Manuel Quiroga*



*Nota.* Esta intersección es el punto final de la avenida analizada, se consideran ambos sentidos de circulación, no cuenta con semaforización ni señalización vertical u horizontal.

## Condiciones geométricas

**Tabla 26**

*Características de las vías en la zona de estudio*

	Ancho de calzada (m)		Ancho de aceras (m)		Parterre (m)	Tipo de Vía	Sentido de Circulación	Carriles
Punto 1	5,40	5,40	1,50	1,50	-	Carretera	Doble vía	2
Punto 2	6,00	6,00	2,35	2,10	-	Carretera	Doble vía	2
Punto 3	7,85	7,65	2,30	1,30	3,55	Carretera	Doble vía	2
Punto 4	7,65	7,60	1,10	1,10	3,60	Carretera	Doble vía	4
Punto 5	7,65	7,60	1,10	1,10	3,60	Carretera	Doble vía	4
Punto 6	7,5	7,5	0,80	0,80	2,75	Carretera	Doble vía	4
Punto 7	7,5	7,5	0,80	-	2,75	Carretera	Doble vía	4
Punto 8	3,5	3,5	5,80	10,00	-	Carretera	Doble vía	4

## Generalidades y definiciones

Hoy en día, la velocidad de los vehículos sobrepasan los límites para los que fueron diseñadas las carreteras, calles o avenidas actuales, por lo que es indispensable estudiar, regular y controlarla con el principal propósito de originar un perfecto equilibrio entre el usuario, vehículo y vía, de una manera que se pueda garantizar la seguridad (Cal y Mayor y Cárdenas, 2018).

Uno de los criterios más comunes para determinar velocidades máximas es a través de un Estudio de velocidad.

## Volumen

Es el número de vehículos que pasan por un determinado punto o sección transversal, durante un tiempo determinado, el intervalo de tiempo para establecer el volumen de tránsito es un día de 24 horas, en el cual se establece la hora pico la misma que sirve para realizar el diseño de carreteras (Palma, 2006).

### **Conteos volumétricos de tráfico**

La metodología a emplear para la determinación de volúmenes de tráfico consiste en la realización de aforos de tránsito en los corredores viales o calles de la Av. Jacinto Jijón y Caamaño, Av. Manuel Quiroga hasta la vivienda fiscal. En base a las necesidades del estudio se establecieron ocho puntos de control en sitios estratégicos a las avenidas e intersecciones que afectan directamente al conteo de volúmenes de vehículos.

Las estaciones de conteos volumétricos se establecieron conforme a las siguientes consideraciones:

- La vía principal se considera de bajo volumen de tráfico, inicialmente podría clasificarse como un camino básico (MTO, 2003a), por lo que, se puede realizar un conteo manual de los vehículos que circulan a lo largo de la zona de estudio.
- Condición de la geometría de la vía, dado que no es constante en toda la zona de estudio.
- Presencia de vías de acceso, con el propósito de que el tráfico que se desvía hacia ellos no afecta el conteo.
- En cinco de los puntos de control se determinó que era necesario tomar en cuenta todos los giros de circulación, mientras que en los tres restantes únicamente se tiene en cuenta ambos sentidos de circulación.
- El tramo escogido para el análisis de velocidades se considera un tramo por lo general en tangente que no tenga pendientes fuertes.
- Se requiere de una visibilidad apropiada para identificar con facilidad los vehículos.

### **Días de Aforo**

Para poder determinar el TPDA, es ideal estimar en una primera semana el TPDA semanal, a través de montajes de muestreo durante 24 horas diarias, durante al menos 4 días por semana que incluyan sábado y domingo; intentando tomar en cuenta en la medida de lo posible, que sean los meses y semanas más representativas del

año, así se apreciará mejor las variaciones estacionales máximas y mínimas (MTOP, 2003a).

Según lo decreta el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, cuando se lleva a cabo un conteo manual se requiere de al menos siete días seguidos en una semana, procurando que no se encuentre afectada por eventos especiales (MTOP, 2003a). Bajo esta premisa, se realizó el conteo de siete días consecutivos para el control de ingresos, comprendidos entre el martes 25 de mayo hasta el lunes 31 de enero del 2021.

En la Ingeniería de tráfico, cuando se realiza conteos volumétricos de forma consecutiva, la calidad de datos recolectados mejoran de forma esencial, siendo más confiables y representativos (Cal y Mayor y Cárdenas, 2015).

Cabe mencionar que el conteo para el desarrollo del presente proyecto se lo realizó durante las 24 horas consecutivas, 7 días seguidos y sin ninguna interrupción, por lo que, no es necesario considerar un porcentaje de tráfico no contabilizado en este estudio.

### **Personal de Levantamiento**

Para esta etapa de levantamiento y tabulación de datos de campo, se coordinó con un grupo de trabajo conformado por los miembros del proyecto, así como personal adicional para realizar un análisis detallado en cada punto de control, los mismos que han recibido la capacitación correspondiente en la materia de Ingeniería de Tráfico y cuentan con experiencia en este tipo de estudios. Asimismo, se contó con la participación y supervisión del Tutor del presente proyecto de Integración Curricular, quien llevó personalmente el control de las actividades realizadas en campo, además de asesorar al personal cuando surgieron preguntas respecto a la clasificación vehicular y el trabajo diario.

Como se mencionó previamente, el estudio de tránsito fue desarrollado mediante la técnica de conteo vehicular presencial, para lo cual se coordinó con cuatro grupos de trabajo diarios con personal civil y militar, donde a cada persona se le designó un punto de control.

De esta manera, el primer grupo de trabajo procedió desde las 06h00 hasta las 12h00; el segundo grupo continuó desde las 12h00 a las 18h00; el tercer grupo completó el horario desde las 18h00 a 24h00 y el cuarto grupo culminó con el turno desde las 00h00 hasta las 06h00. Cabe mencionar que los dos últimos grupos estuvieron conformados por personal militar que se encontraban trabajando en horarios nocturnos.

### Digitalización y Control de Calidad

Para llevar a cabo la toma de datos en campo se utilizó la siguiente matriz, en donde se indican fecha, ubicación, dirección del flujo de tráfico comprendido en periodos de 15 minutos por cada hora, y el tipo de vehículo (Livianos, Buses, Camión de 2 o 3 ejes y Motos).

### Figura 16

#### Volumen de Tráfico Contado

CONTEO VEHICULAR										
NOMBRE:										
PROYECTO:										
TRAMO:					ESTACIÓN:					
SENTIDO:					DÍA DE LA SEMANA:					
FECHA:					UBICACIÓN:					
INTERVALO	TIPO DE VEHICULO				VOLUMEN DE 15 min.	VOLUMEN HORARIO (VH)	VOLUMEN 15 MÁX.	VOLUMEN HORARIO PROMEDIO (VPH)	VOLUMEN HORARIO PICO (VHP)	FACTOR DE HORA PICO
	LIVIANOS 	BUSES 	CAMIÓN							
			2 EJES 	3 EJES O MAS 						
07h00 a 07h15										
07h15 a 07h30										
07h30 a 07h45										
07h45 a 08h00										

*Nota.* Se tiene conteos vehiculares en cada Punto de Control, analizados entre Sentidos y Giros de Circulación, según la intersección lo amerite.

Al culminar las labores de campo y obtenida la información necesaria se procedió a revisar cada hoja por cada día y punto de control, verificando que cada una

esté debidamente identificada. Una vez revisada se digitalizó en un documento de Excel utilizado como base de datos primaria, la cual servirá para el proceso de cálculo del TPDA.

Teniendo presente los criterios establecidos por el HCM, 2000 para evaluar la capacidad vial, una vez obtenida la información de campo se analiza el Volumen obtenido durante los 15 minutos. Junto con el máximo que transcurre durante el día en este periodo. Un Volumen Horario (VH), que es la suma del volumen durante una hora para proceder a calcular el Volumen Horario Promedio (VPH). Con el que se determina el Volumen Horario Pico (VHP) y con esta información procesada se consigue el Factor de Hora Pico (FHP) (Llanos, 2018).

### Figura 17

*Formato Tráfico Promedio Diario Anual Actual TPDA*

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (ACTUAL)												
PROYECTO:										ESTACIÓN: 1		
VIA:										UBICACIÓN:		
SENTIDO:												
# ESTACIÓN	INTERVALO	TIPO DE VEHICULO				MOTOS	TRAFICO CONTADO	TRAFICO NO CONTADO (**)	TRAFICO DIARIO	Nº DÍAS AL AÑO 2021	TRAFICO TOTAL ANUAL	TPDA (Actual) veh/día
		LIVIANO	BUSES	CAMIÓN								
				2 EJES	3 EJES O MAS							
1	LUNES (*)					0	0	0	52	0	0	
	MARTES					0	0	0	52	0		
	MIERCOLES					0	0	0	52	0		
	JUEVES					0	0	0	52	0		
	VIERNES					0	0	0	52	0		
	SABADO (*)					0	0	0	52	0		
	DOMINGO					0	0	0	52	0		
* TRAFICO NO CONTADO												

*Nota.* Al tener en cuenta el número de vehículos y su clasificación se puede calcular el TPDA utilizando el número de días por año.

### Figura 18

*Formato Tráfico Promedio Diario Anual Actual TPDA*

# ESTACIÓN	INTERVALO	TIPO DE VEHÍCULO				
		LIVIANO	BUSES	CAMIÓN		MOTOS
				2 EJES	3 EJES O MAS	
	LUNES (*)					
	MARTES					
	MIÉRCOLES					
	JUEVES					
	VIERNES					
	SÁBADO (*)					
	DOMINGO					
TRAFICO CONTADO						
TRAFICO TOTAL	SUMA PARCIAL					
	SUMA TOTAL					
% TRAFICO POR VEHÍCULO						
TPDA (ACTUAL)	TOTAL					
	POR VEHÍCULO					

Nota. Con este formato se obtiene el tráfico total, volúmenes, porcentajes vehiculares y TPDA.

### Resultados de los conteos

El resultado primordial de los conteos volumétricos de tráfico será la obtención del Tráfico Promedio Diario Anual, TPDA, junto con el cual se obtendrá la composición del tráfico que circula en la zona de estudio.

El TPDA debe expresarse por tipos de vehículos, y la composición varía según la temporada. En este caso se lo está determinando por sentido y vías.

### Vehículos

Un vehículo se entiende como un medio de transporte que sirve para trasladar cosas o personas, de un lugar a otro. Para el diseño de carreteras, es indispensable tomar en cuenta las características de su operación que se dan de acuerdo a los distintos tamaños y pesos (MTOP, 2013). Las características que presente un vehículo, serán componentes que darán lugar a un buen tránsito.

#### ***Tipos de vehículos que transitan por la zona de estudio***

- ***Vehículos livianos***, son aquellos automóviles diseñados para transportar a un máximo de ocho pasajeros, y ruedas sencillas en el eje trasero.

- **Vehículos pesados**, se consideran buses, camiones y las combinaciones como semirremolques y remolques, las cuales son de más de cuatro toneladas de peso y doble llanta en las ruedas traseras.

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas considera varios tipos de vehículos de diseño, clasificándolos de la siguiente manera MTOP, 2013:

- Tipo A: Motocicletas y Automóviles.
- Tipo B: Buses y busetas, empleados usualmente para transportar pasajeros en forma masiva.
- Tipo C: Camiones, recurridos para transporte de carga, los cuales pueden ser de dos, tres o más ejes.

**Tabla 27**

*Características por tipos de vehículos*

<b>Vehículo de diseño</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Altura máxima (m)	2,40	4,10	4,10
Longitud máxima (m)	5,80	13,00	20,00
Anchura máxima (m)	2,10	2,60	2,60
<i>Radios mínimos de giro (m)</i>			
Rueda interna	4,70	8,70	10,00
Rueda externa	7,50	12,80	16,00
Esquina externa delantera	7,90	13,40	16,00

Tomado de *Norma para Estudios y Diseños Viales* (p.38) por MTOP, 2013.

### **Vehículos Equivalentes**

Según lo determina Cano, 2019 “es un vehículo cuyas dimensiones, pesos y características de operación se utilizan para establecer la planificación y control de proyectos viales que acomoden vehículos del tipo designado” (p.9).

## Figura 19

### Factores para el Cálculo de Vehículos Equivalentes

Tipo de Vehículo	Vehículos Equivalentes
1 Moto	0,333 Veh. Equivalente
1 Veh. Liviano (L)	1 Veh. Equivalente
1 Bus	2 Veh. Equivalente

Tomado de *Estudio de la Capacidad Vial y Nivel de Servicio de la Av. Portete con la Av. Milagro* (p.10) por Cano, 2019.

### Estudio de velocidades

La velocidad es uno de los factores esenciales en todo tipo de transporte, sobre todo por el tiempo que se emplea en trasladar personas o cosas de un lugar a otro. De acuerdo con MTOP, 2013 la velocidad que un conductor adopta en una carretera depende de la capacidad tanto del vehículo como de quien conduce, además de las siguientes condiciones:

- Características de la carretera y zona aledaña.
- Condiciones del tiempo
- Presencia de otros vehículos en la vía
- Limitaciones legales y de control.

Mientras que, en (HCM, 2000) se señala tres factores que intervienen en la velocidad vehicular en vías urbanas, mencionadas a continuación:

- El ambiente de la calle, donde se incluye sus características geométricas y tipo de actividad, reflejando el número y anchura de carriles, tipo de medio, puntos de acceso, estacionamientos, actividad peatonal y límite de velocidad.
- Las interacciones entre vehículos de acuerdo a la densidad del tráfico, cantidad vehicular.

- Control de tráfico, cuyo fin sea inducir a una reducción de la velocidad o a detenerse, mediante dispositivos de control de tráfico que disminuyan las velocidades continuas de vehículos (Jerez and Morales, 2015).

La velocidad es muy importante ya que es uno de los principales indicadores que se emplea para comprobar la operatividad en el tránsito, y está definida como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que tarda en recorrer (Méndez, 2009).

$$v = \frac{e}{t}$$

Donde:

v= velocidad (Km/h)

e= espacio recorrido (kilómetros)

t= tiempo que tarda en recorrer (horas)

### ***Velocidad promedio de rodaje***

La velocidad promedio de rodaje se basa en la observación de los vehículos en un tiempo determinado en una sección dada, se calcula dividiendo la distancia de la sección empleada en el rodaje de los vehículos para el tiempo promedio de rodaje, este último se obtiene solo cuando los vehículos se encuentran en movimientos (Palma, 2006).

### ***Velocidad promedio de viaje***

De acuerdo a Palma, 2006, es la observación del tiempo de traslado de los vehículos en una longitud determinada, esta velocidad se obtiene dividiendo la longitud dada para el tiempo promedio de viaje que pasan por dicha sección.

### **Velocidad de flujo libre**

Según TESIS PALMA, la velocidad de flujo libre FFS (por sus siglas en inglés, Free Flow Speed), consiste en la velocidad promedio de los vehículos en una carretera determinada, esto se lo realiza con un volumen de tránsito bajo lo que permite circular a altas velocidades.

### **Estudios de velocidades de punto**

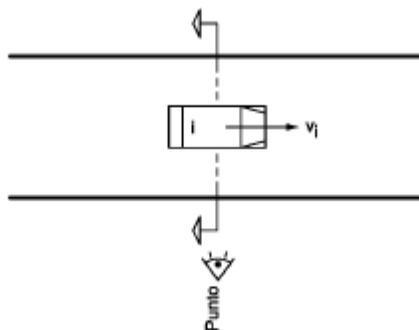
Para un vehículo, la velocidad representa la relación de movimiento, comúnmente expresada en kilómetros por hora (km/h), teóricamente, existen varios tipos de velocidad que se definen a continuación.

### **Velocidad de punto**

Según se analizó, Cal y Mayor and Cárdenas, 2018 afirman que “la *velocidad de punto* de un vehículo  $i$ , es la velocidad  $V_i$  a su paso por un determinado punto o sección transversal de una carretera o de una calle” (p.259).

### **Figura 20**

*Velocidad de punto de un vehículo*



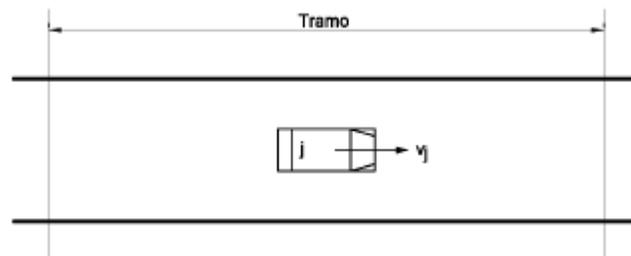
Tomado de *Ingeniería de tránsito* (p.260) por, Cal y Mayor and Cárdenas, 2018.

### ***Velocidad instantánea***

Por otra parte, los autores mencionan que la *velocidad instantánea* de un vehículo  $j$ , es la velocidad  $V_j$  una vez que circule a lo largo de un tramo de una carretera en un instante dado.

#### **Figura 21**

*Velocidad instantánea de un vehículo*



Tomado de *Ingeniería de tránsito* (p.260) por, Cal y Mayor and Cárdenas, 2018.

### ***Velocidad media temporal***

Continuando con la velocidad media temporal, se refiere a la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos que pasan por un punto específico que ha sido identificado para analizarlo durante un intervalo de tiempo seleccionado (Cal y Mayor and Cárdenas, 2018).

### ***Velocidad media espacial***

Por último, este tipo de velocidad se identifica como la media aritmética de las velocidades instantáneas de todos los vehículos que se encuentran en un tramo de vía dado.

Debido a la complejidad de algunos tramos en análisis, existen fórmulas para determinar la velocidad espacial en función de la velocidad temporal y la varianza de distribución (Reyna Peña, 2015).

## **Carreteras de dos servicios**

En la investigación de Palma, 2006 manifiesta que una carretera de dos carriles es una vía la cual no posee una división y que cada uno tiene su propio sentido, al realizar una maniobra de rebase tiene que emplear el carril contrario esto lo puede realizar solo si el tránsito opuesto lo permite, para lo cual hay que tener en cuenta factores como la visibilidad, distancia entre vehículos y el diseño geométrico de la vía.

### **Clase I**

Las carreteras de clase I están diseñadas para viajes a altas velocidades en rutas cotidianas de grandes distancias, y estas sirven de enlace con los principales ejes viales, para el cálculo del nivel de servicio se emplea el porcentaje de tiempo utilizado en alcanzar un vehículo y la velocidad promedio de viaje (Palma, 2006).

### **Clase II**

Este tipo de carreteras están diseñadas para velocidades reducidas para viajes de corta distancia, su función principal es conectar con las carreteras clase I, para el cálculo del nivel de servicio se emplea el porcentaje de tiempo utilizado en alcanzar un vehículo en vista que el desplazamiento no es crítico (Palma, 2006).

## **Nivel de Servicio**

La calidad de un sistema vial, rural o urbano requiere de un análisis a las características tanto geométricas como físicas de los flujos vehiculares, tomando en cuenta también a las consideraciones importantes que involucran a la calidad del servicio proporcionado (Cal y Mayor and Cárdenas, 2018).

El nivel de servicio de un sector de una carretera que cuenta con dos carriles debe enfocarse en la calidad del servicio que ofrece esta vía a sus usuarios, quienes refleja el grado de satisfacción o disgusto que experimentan al usarla (INVIAS, 2020).

Es necesario tener en cuenta ciertas condiciones prevaletientes como son: la infraestructura vial, enfocada en las características físicas y geométricas, además de las restricciones y tipo de terreno; medio ambiente, relacionadas al estado del tiempo conocido como clima, iluminación y uso del suelo; tránsito, orientado a la distribución de tránsito en el tiempo y espacio, composición en tipos de vehículos; y controles, referentes a los dispositivos de control de tránsito, como semáforos, señales restrictivas y velocidades límites (Cal y Mayor and Cárdenas, 2018).

Seis niveles de servicio, conocido como LOS por sus siglas en inglés, han sido identificados por letras de la A (mejor) hasta la F(peor), ordenadas y definidas de acuerdo a las condiciones de operación de circulación continua o discontinua (HCM, 2000).

**Tabla 28**  
*Niveles de servicio*

Nivel	Descripción	Ilustración
A	Representa un flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas para bajos volúmenes de tránsito y velocidades de operación relativamente altas.	
B	Existen restricciones al flujo libre, o las especificaciones geométricas ocasionan una disminución en la velocidad.	
C	Representa condiciones medias cuando en el flujo estable se presentan restricciones de geometría y pendiente. Se considera zona estable a pesar de que se sienten las restricciones en la libertad para elegir su propia velocidad.	

D	Se acerca a flujo inestable, a pesar de que el flujo todavía es estable no existe libertad para conducir con la velocidad deseada debido a las interferencias frecuentes con otros vehículos, o al presentar condiciones defectuosas en la vía.	
E	Se trata de un flujo inestable, las velocidades son bajas, pero el tránsito fluye sin interrupciones. No es posible rebasar, casi no hay niveles de libertad ni comodidad.	
F	Representa un flujo forzado, alta congestión de tránsito. Ocurre cuando la cantidad de tránsito que se aproxima a un punto excede la cantidad que puede pasar, formando colas, y "ondas de parada y arranque" inestables.	

Tomado de *Highway Capacity Manual Transportation* (p.254) por (HCM, 2000).

Por las características de la zona de estudio del presente proyecto, y con el fin de aplicar la metodología del HCM 2000 para determinar su nivel de servicio, se puede decir que corresponde a una carretera de Clase II.

### **Proyecciones de Tráfico**

El pronóstico del volumen de tráfico futuro debe fundamentarse tanto en volúmenes normales actuales, como también los incrementos del tránsito que se visualiza serán utilizados en la existente o nueva carretera (Chiquito, 2014).

### **Volumen de tránsito generado**

El volumen de tránsito generado consiste en aquellos viajes vehiculares diferentes a los del transporte público, es decir son totalmente nuevos y se lo realiza con la construcción de nuevas carreteras (Méndez, 2009).

### **Volumen de tránsito atraído**

Según Méndez, 2009 el volumen de tránsito atraído es el que se deriva hacia una avenida principal, se ve influenciado en base a la economía de tiempo que ofrece este servicio.

## Resultados de los conteos volumétricos de tránsito

### Resultados de los aforos de tránsito en tráfico diario

El conteo volumétrico se realizó de manera manual, ubicando a un aforador por cada estación de conteo, quienes llevaron registros de tráfico de acuerdo a su clasificación, por sentido y hora. A continuación, se visualizan los datos promedios de cada punto de control llevado a cabo en los periodos levantados tanto la mañana, como la noche.

### Demanda, Composición y Variación de tráfico

#### *Demanda de tráfico en intersección 1*

P1. Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Troncal de la Sierra

Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 4527,57 vehículos diarios en ambos sentidos de circulación. En cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día viernes en el intervalo de 16h00 a 17h00 como se lo puede visualizar en la tabla a continuación.

**Tabla 29**

*Conteos en ambos sentidos de circulación, intersección 1*

	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>2 ejes</b>	<b>3 ejes</b>	<b>Motos</b>	<b>TOTAL (vpd)</b>
<i>Lunes</i>	4376,00	194,00	382,00	135,00	329,00	5416,00
<i>Martes</i>	3940,00	219,00	547,00	170,00	257,00	5133,00
<i>Miércoles</i>	4184,00	176,00	411,00	128,00	285,00	5184,00
<i>Jueves</i>	3979,00	166,00	530,00	152,00	329,00	5156,00
<i>Viernes</i>	4333,00	166,00	540,00	175,00	335,00	5549,00
<i>Sábado</i>	1660,00	100,00	235,00	49,00	153,00	2197,00
<i>Domingo</i>	2647,00	77,00	143,00	39,00	152,00	3058,00
Total	25119,00	1098,00	2788,00	848,00	1840,00	31693,00
Promedio	3588,43	156,86	398,29	121,14	262,86	
<b>TPD</b>	<b>3588,43</b>	<b>156,86</b>	<b>398,29</b>	<b>121,14</b>	<b>262,86</b>	<b>4404,00</b>
%Tráfico Por Vehículo	79,26%	3,46%	8,80%	2,68%	5,81%	

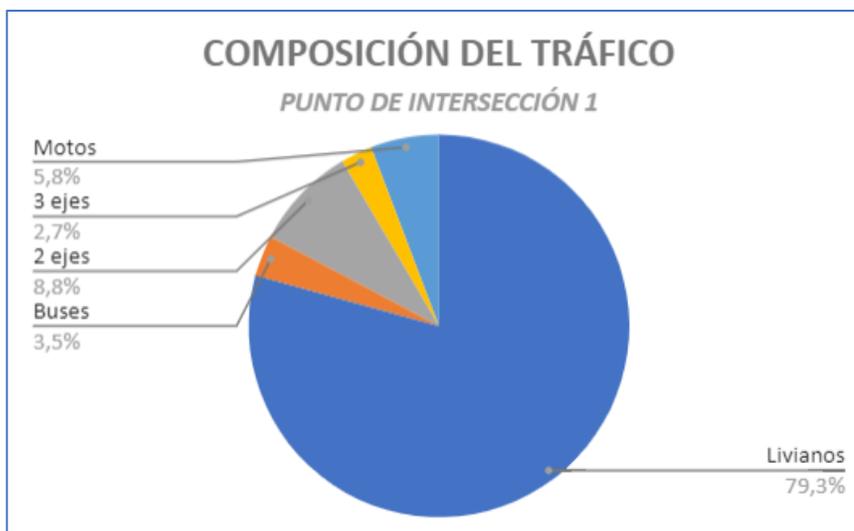
*Nota.* Esta tabla muestra los volúmenes vehiculares diarios en ambos sentidos de circulación de la intersección 1.

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 79,3% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 8,8% son camiones 2 ejes, el 2,7% son camiones 3 ejes, el 3,5% son buses y el 5,8% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

### Figura 22

*Composición del tráfico en intersección 1*



### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día lunes es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 4376 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día

sábado 1660 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

**Figura 23**

*Variación diaria del tráfico en intersección 1*



### ***Demanda de tráfico en punto de control 2***

P2. Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Juan de Dios Morales

Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 1452,71 vehículos diarios en ambos sentidos de circulación. En cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día jueves en el intervalo de 13h00 a 14h00.

**Tabla 30**

*Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc2. S-N y Pc2. N-S*

	Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	TOTAL (vpd)
<i>Lunes</i>	1252,00	117,00	64,00	12,00	87,00	1532,00
<i>Martes</i>	1157,00	117,00	58,00	7,00	62,00	1401,00
<i>Miércoles</i>	1174,00	128,00	50,00	6,00	100,00	1458,00

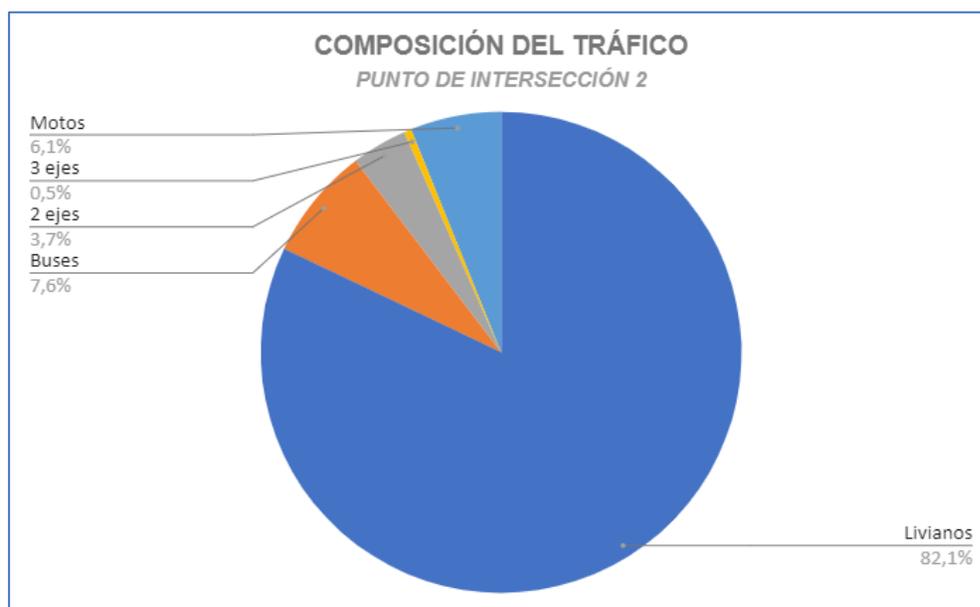
<i>Jueves</i>	1306,00	139,00	62,00	10,00	96,00	1613,00
<i>Viernes</i>	1314,00	123,00	66,00	5,00	101,00	1609,00
<i>Sábado</i>	1153,00	92,00	56,00	8,00	96,00	1405,00
<i>Domingo</i>	990,00	54,00	25,00	2,00	80,00	1151,00
<b>Total</b>	<b>8346,00</b>	<b>770,00</b>	<b>381,00</b>	<b>50,00</b>	<b>622,00</b>	<b>10169,00</b>
<b>Promedio</b>	<b>1192,29</b>	<b>110,00</b>	<b>54,43</b>	<b>7,14</b>	<b>88,86</b>	
<b>TPD</b>	<b>1192,29</b>	<b>110,00</b>	<b>54,43</b>	<b>7,14</b>	<b>88,86</b>	<b>1452,71</b>
<b>% Tráfico Por Vehículo</b>	<b>82,07%</b>	<b>7,57%</b>	<b>3,75%</b>	<b>0,49%</b>	<b>6,12%</b>	

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 82,1% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 3,7% son camiones 2 ejes, el 0,5% son camiones 3 ejes, el 7,6% son buses y el 6,1% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

### Figura 24

Composición del tráfico en intersección 2



### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día lunes es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 1252 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día domingo 990 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

**Figura 25**

*Variación diaria del tráfico en intersección 2*



**Tabla 31**

*Conteos de giros de circulación en intersección 2*

	Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	TOTAL (vpd)
<i>Lunes</i>	4579,00	216,00	340,00	91,00	265,00	5416,00
<i>Martes</i>	5023,00	255,00	499,00	96,00	293,00	5133,00
<i>Miércoles</i>	5206,00	237,00	453,00	74,00	293,00	5184,00
<i>Jueves</i>	4598,00	210,00	366,00	84,00	303,00	5156,00
<i>Viernes</i>	5269,00	229,00	451,00	96,00	309,00	6354,00
<i>Sábado</i>	2765,00	120,00	245,00	51,00	187,00	3368,00

<i>Domingo</i>	2672,00	106,00	101,00	21,00	173,00	3073,00
<b>Total</b>	<b>30112,00</b>	<b>1373,00</b>	<b>2455,00</b>	<b>513,00</b>	<b>1823,00</b>	<b>36276,00</b>
<b>Promedio</b>	<b>4301,71</b>	<b>196,14</b>	<b>350,71</b>	<b>73,29</b>	<b>260,43</b>	
<b>TPD</b>	<b>4301,71</b>	<b>196,14</b>	<b>350,71</b>	<b>73,29</b>	<b>260,43</b>	<b>4004,29</b>
%Tráfico Por Vehículo	78,71%	3,56%	9,04%	2,72%	5,97%	

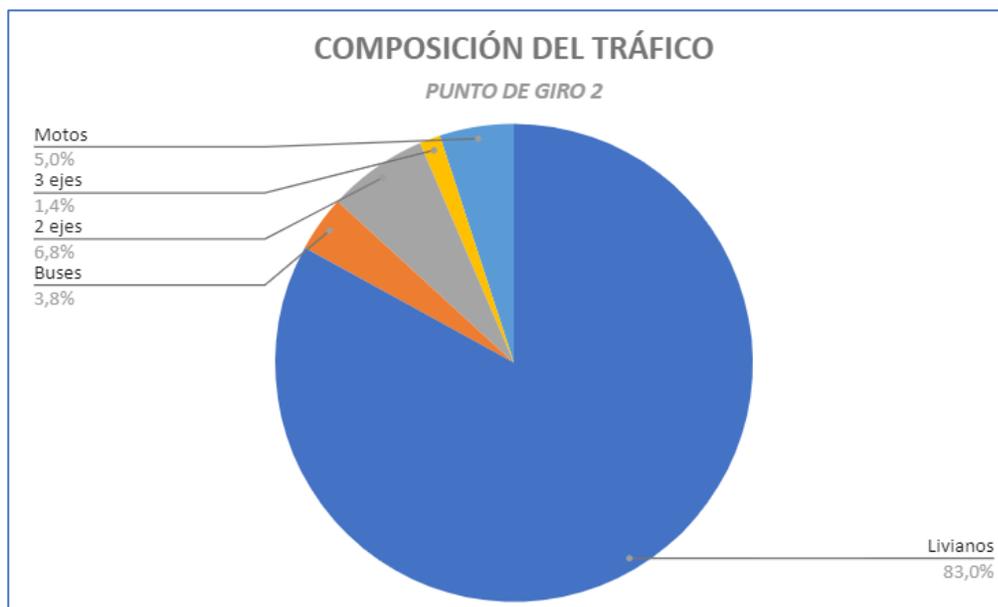
Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 5182,29 vehículos diarios en los giros de circulación, en cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día viernes en el intervalo de 12h00 a 13h00.

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 83% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 6,8% son camiones 2 ejes, el 1,4% son camiones 3 ejes, el 3,8% son buses y el 5% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

### Figura 26

*Composición del tráfico en intersección 2*



### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día viernes es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 5269 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día domingo 2672 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

#### Figura 27

*Variación diaria del tráfico en intersección 2*



### ***Demanda de tráfico en punto de control 3***

P3. Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Manuel Quiroga

Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 2362,29 vehículos diarios entre ambos sentidos de circulación, en cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día miércoles en el intervalo de 07h00 a 08h00, sentido O-E, y 16h00 a 17h00 sentido E-O. p

**Tabla 32**

Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc3. O-E y Pc3. E-O.

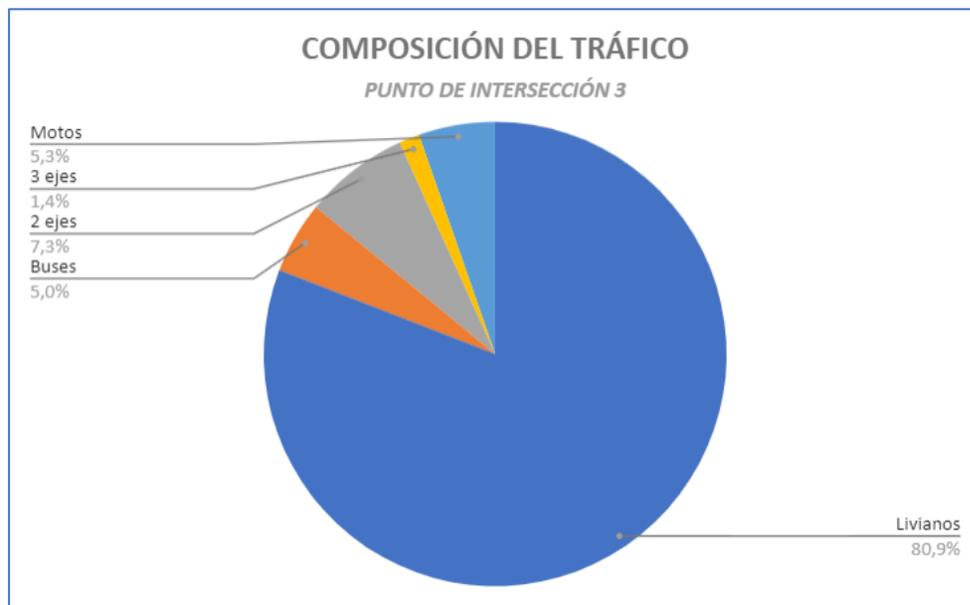
	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>2 ejes</b>	<b>3 ejes</b>	<b>Motos</b>	<b>TOTAL (vpd)</b>
<i>Lunes</i>	1921,00	130,00	162,00	45,00	136,00	2394,00
<i>Martes</i>	2229,00	171,00	231,00	43,00	123,00	2797,00
<i>Miércoles</i>	2377,00	154,00	232,00	34,00	173,00	2970,00
<i>Jueves</i>	2117,00	130,00	174,00	45,00	138,00	2604,00
<i>Viernes</i>	2333,00	127,00	206,00	40,00	137,00	2843,00
<i>Sábado</i>	1137,00	60,00	126,00	21,00	87,00	1431,00
<i>Domingo</i>	1261,00	59,00	78,00	9,00	90,00	1497,00
<b>Total</b>	<b>13375,00</b>	<b>831,00</b>	<b>1209,00</b>	<b>237,00</b>	<b>884,00</b>	<b>16536,00</b>
<b>Promedio</b>	<b>1910,71</b>	<b>118,71</b>	<b>172,71</b>	<b>33,86</b>	<b>126,29</b>	
<b>TPD</b>	<b>1910,71</b>	<b>118,71</b>	<b>172,71</b>	<b>33,86</b>	<b>126,29</b>	<b>2362,29</b>
%Tráfico Por Vehículo	80,88%	5,03%	7,31%	1,43%	5,35%	

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 80,9% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 7,3% son camiones 2 ejes, el 1,4% son camiones 3 ejes, el 5% son buses y el 5,3% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

**Figura 28**

Composición del tráfico en intersección 3

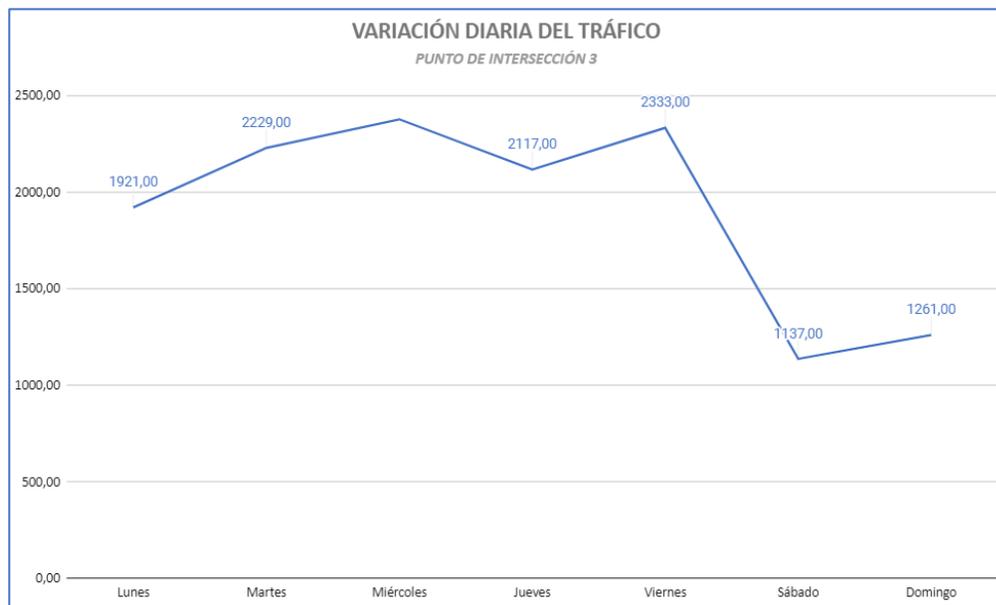


### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día viernes es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 2333 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día sábado 1137 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

### Figura 29

*Variación diaria del tráfico en intersección 3*



**Tabla 33**  
Conteo Giros de circulación en Intersección 3

	Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	TOTAL (vpd)
<i>Lunes</i>	3457,00	80,00	324,00	62,00	210,00	4133,00
<i>Martes</i>	4250,00	120,00	374,00	63,00	249,00	5056,00
<i>Miércoles</i>	4216,00	140,00	404,00	79,00	253,00	5092,00
<i>Jueves</i>	3461,00	94,00	346,00	66,00	216,00	4183,00
<i>Viernes</i>	3952,00	108,00	355,00	64,00	196,00	4675,00
<i>Sábado</i>	1870,00	69,00	31,00	18,00	40,00	2028,00
<i>Domingo</i>	1398,00	7,00	25,00	5,00	90,00	1525,00
Total	22604,00	618,00	1859,00	357,00	1254,00	26692,00
Promedio	3229,14	88,29	265,57	51,00	179,14	
<b>TPD</b>	<b>3229,14</b>	<b>88,29</b>	<b>265,57</b>	<b>51,00</b>	<b>179,14</b>	<b>3813,14</b>
% Tráfico Por Vehículo	84,68%	2,32%	6,96%	1,34%	4,70%	

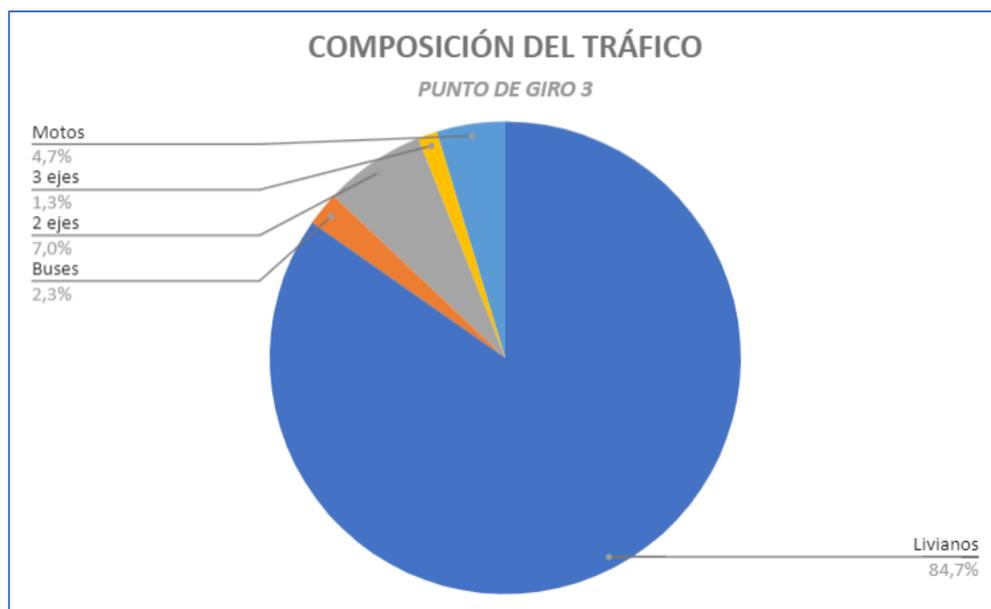
Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 3813,14 vehículos diarios en los giros de circulación, en cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día miércoles en el intervalo de 16h00 a 17h00.

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 84,7% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 7% son camiones 2 ejes, el 1,3% son camiones 3 ejes, el 2,3% son buses y el 4,7% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

**Figura 30**

*Composición del tráfico en intersección 3*



### **Variación diaria del tráfico**

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día martes es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 4250 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día domingo 1398 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

**Figura 31**

Variación diaria del tráfico en intersección 3



#### ***Demanda de tráfico en intersección 4***

P4. Av. Jacinto Jijón y Caamaño (B.E. 68 COTOPAXI)

Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 1221,86 vehículos diarios en el sentido de circulación, en cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día miércoles en el intervalo de 16h00 a 17h00.

**Tabla 34**

Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc4. O-E

	Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	TOTAL (vpd)
<i>Lunes</i>	927,00	63,00	73,00	16,00	52,00	1131,00
<i>Martes</i>	1239,00	65,00	70,00	17,00	58,00	1449,00
<i>Miércoles</i>	1337,00	60,00	68,00	14,00	65,00	1544,00
<i>Jueves</i>	1153,00	64,00	65,00	15,00	66,00	1363,00
<i>Viernes</i>	1266,00	67,00	60,00	12,00	69,00	1474,00
<i>Sábado</i>	671,00	36,00	35,00	5,00	45,00	792,00
<i>Domingo</i>	668,00	39,00	41,00	2,00	50,00	800,00
Total	7261,00	394,00	412,00	81,00	405,00	8553,00
Promedio	1037,29	56,29	58,86	11,57	57,86	
<b>TPD</b>	<b>1037,29</b>	<b>56,29</b>	<b>58,86</b>	<b>11,57</b>	<b>57,86</b>	<b>1221,86</b>

---

% Tráfico Por Vehículo	84,89%	4,61%	4,82%	0,95%	4,74%
------------------------	--------	-------	-------	-------	-------

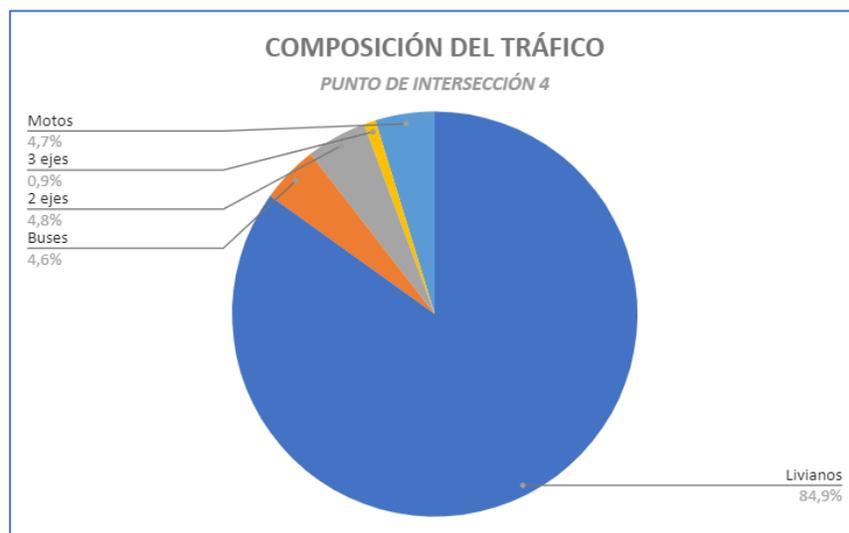
---

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 84,9% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 4,8% son camiones 2 ejes, el 0,9% son camiones 3 ejes, el 4,6% son buses y el 4,7% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

### Figura 32

*Composición del tráfico en intersección 4*



### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día miércoles es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 1337 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día domingo 668 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

**Figura 33**

Variación diaria del tráfico en intersección 4

**Tabla 35**

Conteos de giros de circulación en intersección 4

	Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	TOTAL (vpd)
<i>Lunes</i>	571,00	0,00	11,00	2,00	13,00	597,00
<i>Martes</i>	473,00	4,00	13,00	1,00	11,00	502,00
<i>Miércoles</i>	436,00	4,00	13,00	2,00	8,00	463,00
<i>Jueves</i>	309,00	2,00	7,00	5,00	7,00	330,00
<i>Viernes</i>	307,00	2,00	3,00	4,00	5,00	321,00
<i>Sábado</i>	43,00	1,00	0,00	0,00	2,00	46,00
<i>Domingo</i>	23,00	0,00	0,00	0,00	2,00	25,00
Total	2162,00	13,00	47,00	14,00	48,00	2284,00
Promedio	308,86	1,86	6,71	2,00	6,86	
<b>TPD</b>	308,86	1,86	6,71	2,00	6,86	<b>326,29</b>
%Tráfico Por Vehículo	94,66%	0,57%	2,06%	0,61%	2,10%	

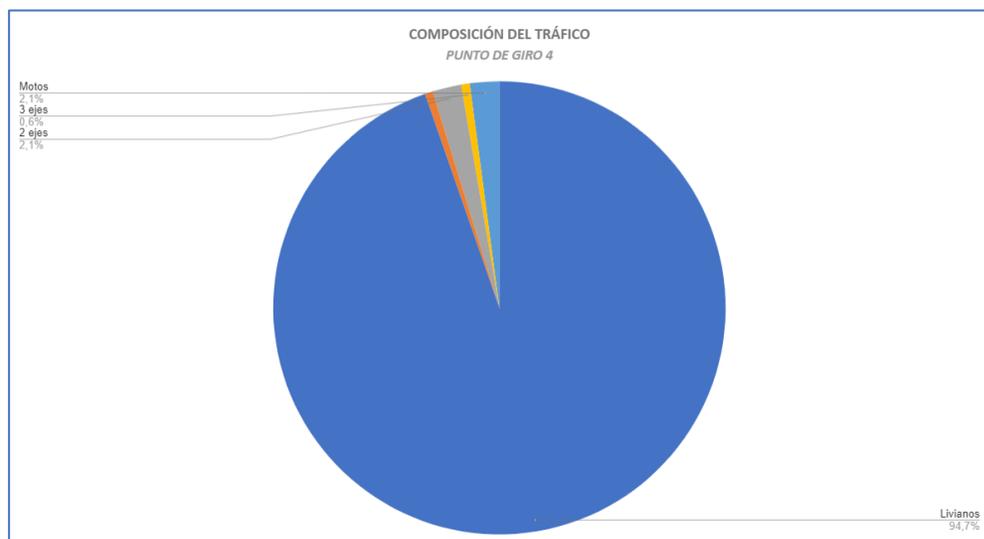
Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 326,29 vehículos diarios en los giros de circulación, en cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día miércoles en el intervalo de 06h00 a 07h00.

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 94,7% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 2,1% son camiones 2 ejes, el 0,6% son camiones 3 ejes y el 2,1% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

### Figura 34

*Composición del tráfico en intersección 4*

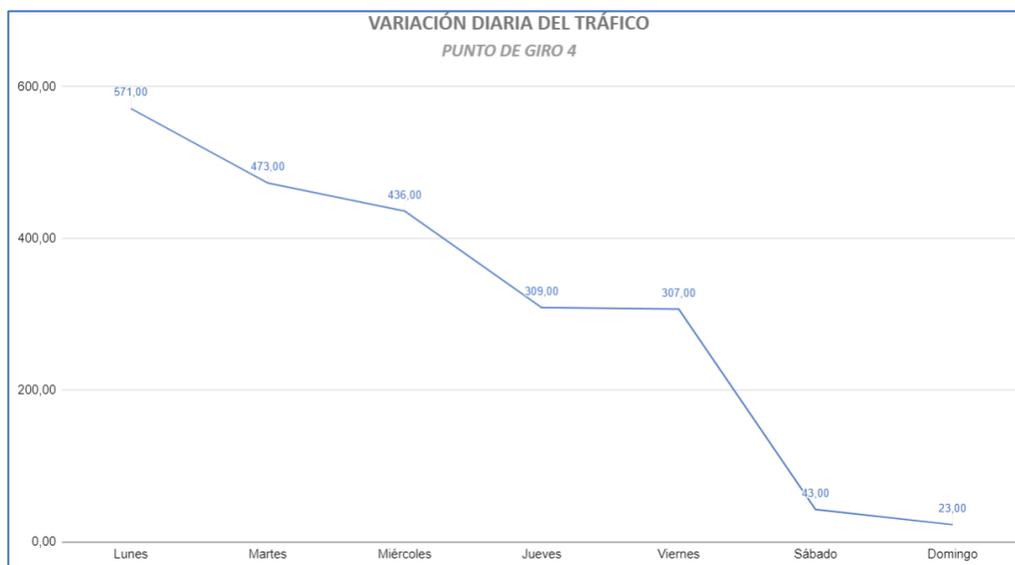


### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día lunes es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 571 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día domingo 23 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

**Figura 35**

Variación diaria del tráfico en intersección 4



### ***Demanda de tráfico en punto de control 5***

P5. Av. Jacinto Jijón y Caamaño (B.E. 69 CHIMBORAZO)

Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 1322 vehículos diarios en el sentido de circulación, en cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día miércoles en el intervalo de 16h00 a 17h00.

**Tabla 36**

*Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc5. E-O*

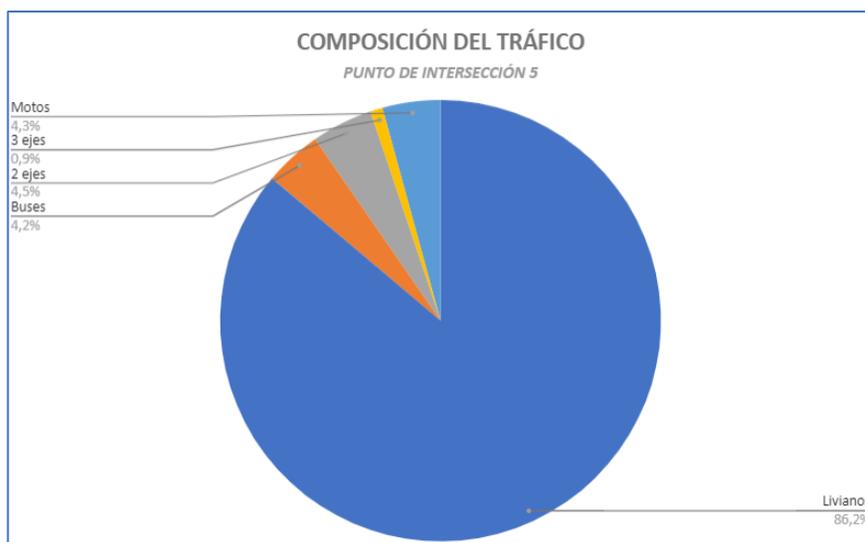
	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>2 ejes</b>	<b>3 ejes</b>	<b>Motos</b>	<b>TOTAL (vpd)</b>
<i>Lunes</i>	1019,00	62,00	72,00	15,00	51,00	1219,00
<i>Martes</i>	1362,00	64,00	71,00	16,00	57,00	1570,00
<i>Miércoles</i>	1470,00	61,00	69,00	15,00	64,00	1679,00
<i>Jueves</i>	1268,00	63,00	64,00	16,00	63,00	1474,00
<i>Viernes</i>	1392,00	66,00	61,00	13,00	68,00	1600,00
<i>Sábado</i>	738,00	38,00	37,00	6,00	46,00	865,00
<i>Domingo</i>	724,00	35,00	40,00	3,00	45,00	847,00
<b>Total</b>	<b>7973,00</b>	<b>389,00</b>	<b>414,00</b>	<b>84,00</b>	<b>394,00</b>	<b>9254,00</b>
<b>Promedio</b>	<b>1139,00</b>	<b>55,57</b>	<b>59,14</b>	<b>12,00</b>	<b>56,29</b>	
<b>TPD</b>	<b>1139,00</b>	<b>55,57</b>	<b>59,14</b>	<b>12,00</b>	<b>56,29</b>	<b>1322,00</b>
<b>% Tráfico Por Vehículo</b>	<b>86,16%</b>	<b>4,20%</b>	<b>4,47%</b>	<b>0,91%</b>	<b>4,26%</b>	

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 86,2% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 4,5% son camiones 2 ejes, el 0,9% son camiones 3 ejes, el 4,2% son buses y el 4,3% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

### Figura 36

*Composición del tráfico en intersección 5*



### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día miércoles es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 1470 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día domingo 724 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

**Figura 37**

Variación diaria del tráfico en intersección 5

**Tabla 37**

Conteos de giros de circulación en intersección 5

	Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	TOTAL (vpd)
<i>Lunes</i>	230,00	4,00	5,00	1,00	5,00	245,00
<i>Martes</i>	216,00	0,00	1,00	6,00	12,00	235,00
<i>Miércoles</i>	233,00	0,00	4,00	9,00	8,00	254,00
<i>Jueves</i>	174,00	0,00	2,00	6,00	9,00	191,00
<i>Viernes</i>	196,00	0,00	2,00	6,00	9,00	213,00
<i>Sábado</i>	98,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98,00
<i>Domingo</i>	33,00	0,00	0,00	0,00	2,00	35,00
Total	1180,00	4,00	14,00	28,00	45,00	1271,00
Promedio	168,57	0,57	2,00	4,00	6,43	
<b>TPD</b>	<b>168,57</b>	<b>0,57</b>	<b>2,00</b>	<b>4,00</b>	<b>6,43</b>	<b>181,57</b>
% Tráfico Por Vehículo	92,84%	0,31%	1,10%	2,20%	3,54%	

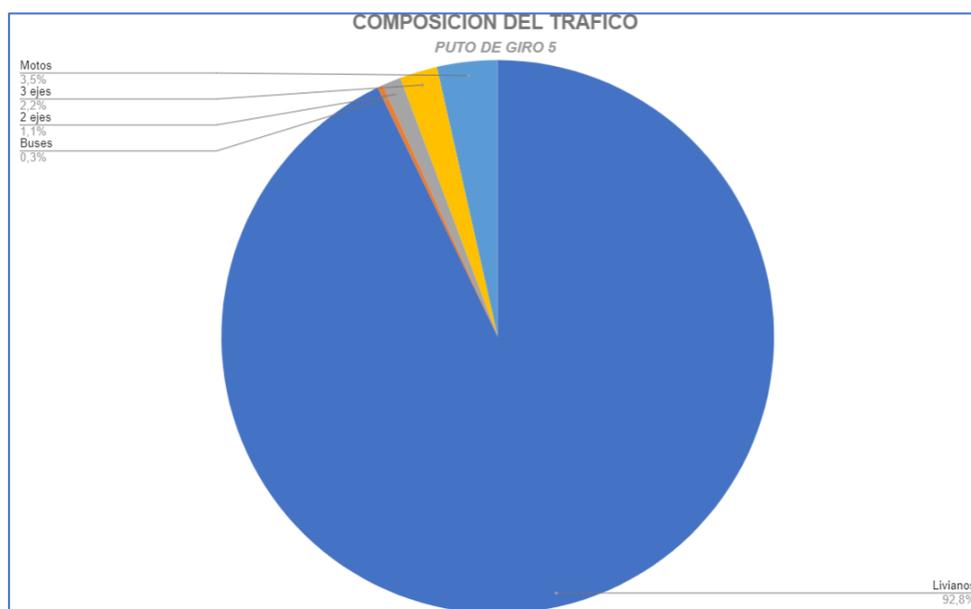
Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 181,57 vehículos diarios en los giros de circulación, en cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día lunes en el intervalo de 06h00 a 07h00.

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 92,8% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 1,1% son camiones 2 ejes, el 2,2% son camiones 3 ejes, el 0,3% son buses y el 3,5% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

### Figura 38

*Composición del tráfico en intersección 5*



### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día miércoles es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 233 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día domingo 33 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

**Figura 39**

Variación diaria del tráfico en intersección 5



### ***Demanda de tráfico en punto de control 6***

P6. Av. Jacinto Jijón y Caamaño (15 BAE PAQUISHA)

**Tabla 38**

*Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc6. E-O Y Pc6. O-E.*

	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>2 ejes</b>	<b>3 ejes</b>	<b>Motos</b>	<b>TOTAL (vpd)</b>
<i>Lunes</i>	1984,00	125,00	145,00	31,00	103,00	2388,00
<i>Martes</i>	2652,00	129,00	141,00	33,00	115,00	3070,00
<i>Miércoles</i>	2862,00	121,00	137,00	29,00	129,00	3278,00
<i>Jueves</i>	2469,00	127,00	129,00	31,00	129,00	2885,00
<i>Viernes</i>	2710,00	133,00	121,00	25,00	137,00	3126,00
<i>Sábado</i>	1436,00	74,00	72,00	11,00	91,00	1684,00
<i>Domingo</i>	1419,00	74,00	81,00	5,00	95,00	1674,00
<b>Total</b>	<b>15532,00</b>	<b>783,00</b>	<b>826,00</b>	<b>165,00</b>	<b>799,00</b>	<b>18105,00</b>
<b>Promedio</b>	<b>2218,86</b>	<b>111,86</b>	<b>118,00</b>	<b>23,57</b>	<b>114,14</b>	
<b>TPD</b>	<b>2218,86</b>	<b>111,86</b>	<b>118,00</b>	<b>23,57</b>	<b>114,14</b>	<b>2586,43</b>
<b>%Tráfico Por Vehículo</b>	<b>85,79%</b>	<b>4,32%</b>	<b>4,56%</b>	<b>0,91%</b>	<b>4,41%</b>	

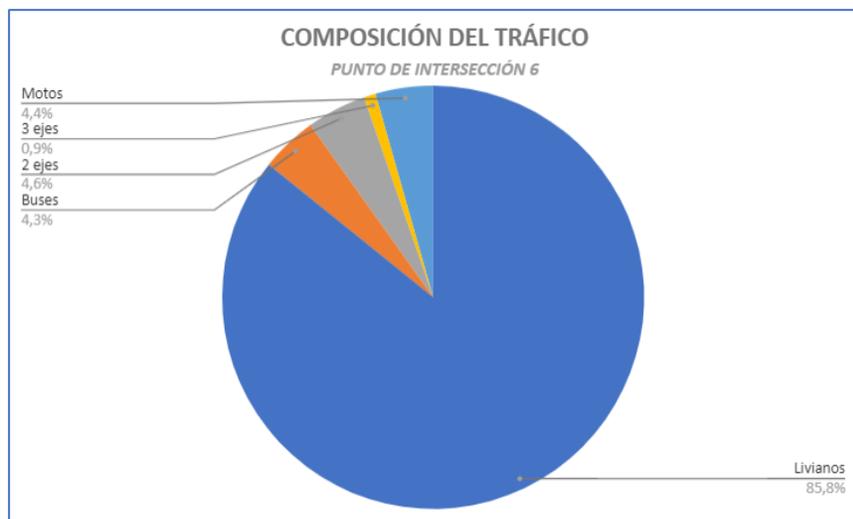
Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 2586,43 vehículos diarios en el sentido de circulación, en cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día miércoles en el intervalo de 16h00 a 17h00.

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 85,8% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 4,6% son camiones 2 ejes, el 0,9% son camiones 3 ejes, el 4,3% son buses y el 4,4% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

**Figura 40**

*Composición del tráfico en intersección 6*



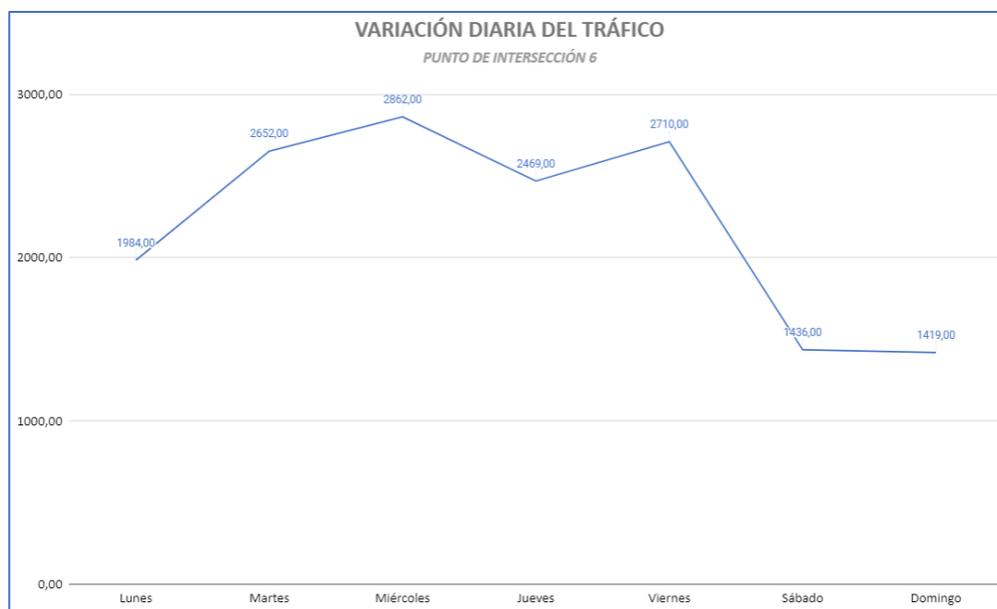
### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día miércoles es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 2862 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el

día domingo 1419 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

**Figura 41**

*Variación diaria del tráfico en intersección 6*



**Tabla 39**

*Conteo Giros de circulación en Intersección 6*

	Libianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	TOTAL (vpd)
<i>Lunes</i>	419,00	1,00	1,00	2,00	7,00	430,00
<i>Martes</i>	384,00	5,00	4,00	1,00	2,00	396,00
<i>Miércoles</i>	425,00	1,00	3,00	2,00	5,00	436,00
<i>Jueves</i>	340,00	1,00	3,00	1,00	9,00	354,00
<i>Viernes</i>	443,00	1,00	2,00	0,00	2,00	448,00
<i>Sábado</i>	47,00	6,00	0,00	0,00	8,00	61,00
<i>Domingo</i>	16,00	2,00	0,00	0,00	4,00	22,00
<b>Total</b>	<b>2074,00</b>	<b>17,00</b>	<b>13,00</b>	<b>6,00</b>	<b>37,00</b>	<b>2147,00</b>
<b>Promedio</b>	<b>296,29</b>	<b>2,43</b>	<b>1,86</b>	<b>0,86</b>	<b>5,29</b>	
<b>TPD</b>	<b>296,29</b>	<b>2,43</b>	<b>1,86</b>	<b>0,86</b>	<b>5,29</b>	<b>306,71</b>
<b>% Tráfico Por Vehículo</b>	<b>96,60%</b>	<b>0,79%</b>	<b>0,61%</b>	<b>0,28%</b>	<b>1,72%</b>	

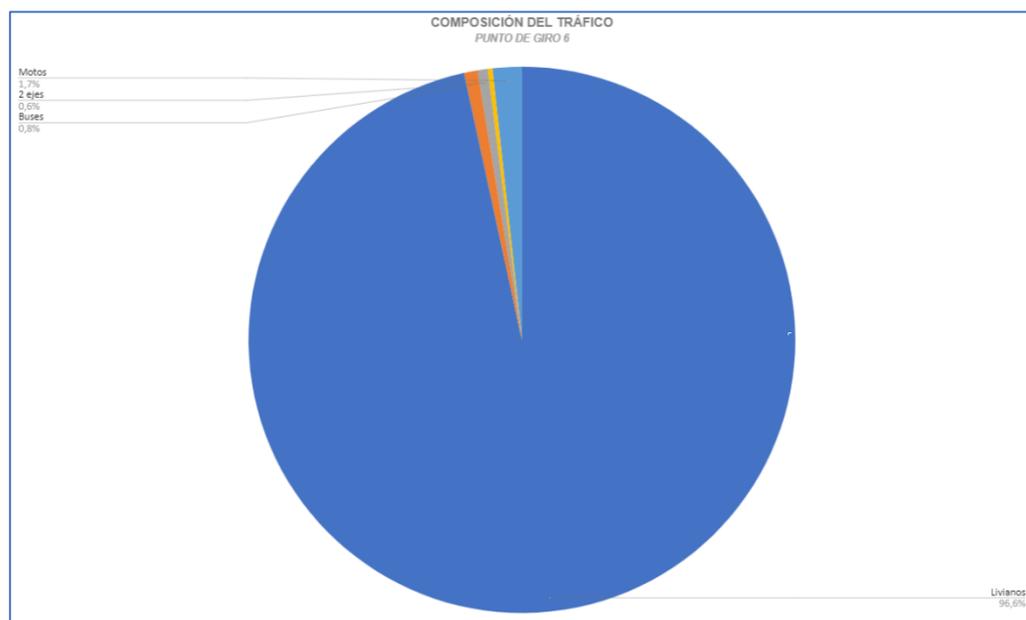
Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 306,71 vehículos diarios en los giros de circulación, en cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día viernes en el intervalo de 06h00 a 07h00.

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 96,6% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 0,6% son camiones 2 ejes, el 0,8% son buses y el 1,7% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

### Figura 42

*Composición del tráfico en intersección 6*



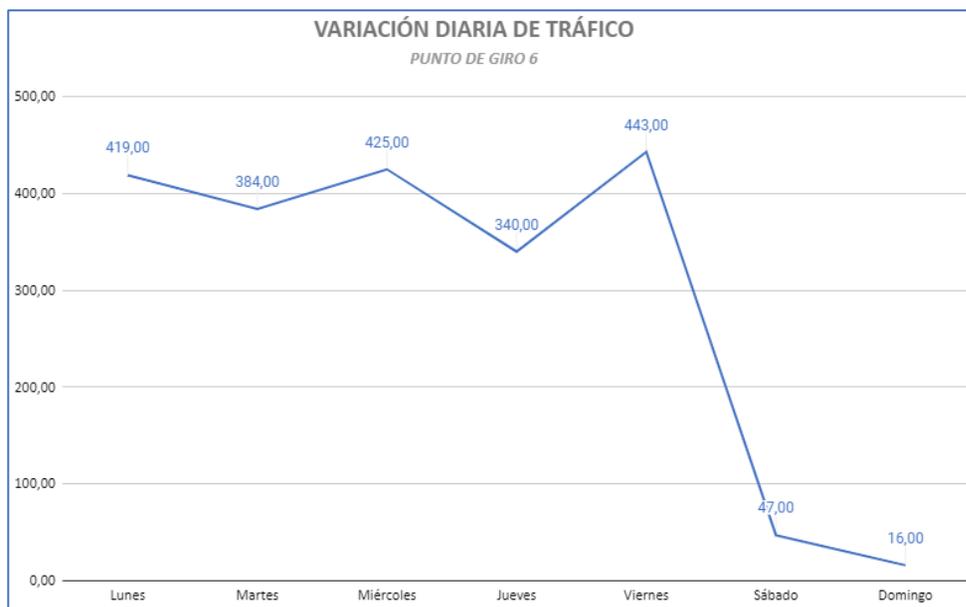
### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día viernes es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 443 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día

domingo 16 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

**Figura 43**

*Variación diaria del tráfico en intersección 6*



***Demanda de tráfico en intersección 7***

P7. Av. Jacinto Jijón y Caamaño

Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 4041,86 vehículos diarios en ambos sentidos de circulación. En cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día lunes en el intervalo de 15h00 a 16h00.

**Tabla 40**

*Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc7. E-O, O-E*

	Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	TOTAL (vpd)
<b>Lunes</b>	4525,00	176,00	349,00	196,00	597,00	5843,00
<b>Martes</b>	3506,00	206,00	457,00	45,00	111,00	4325,00
<b>Miércoles</b>	3802,00	285,00	475,00	217,00	691,00	5470,00
<b>Jueves</b>	3482,00	181,00	432,00	142,00	509,00	4746,00
<b>Viernes</b>	3819,00	130,00	187,00	15,00	202,00	4353,00
<b>Sábado</b>	1696,00	105,00	68,00	9,00	91,00	1969,00
<b>Domingo</b>	1400,00	64,00	32,00	2,00	89,00	1587,00
<b>Total</b>	22230,00	1147,00	2000,00	626,00	2290,00	28293,00

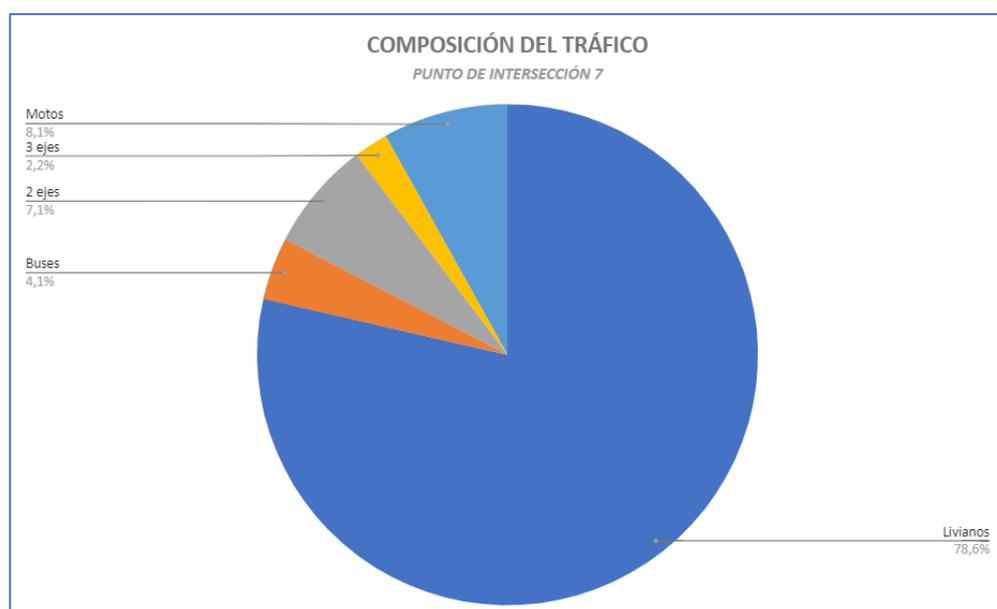
Promedio	3175,71	163,86	285,71	89,43	327,14	
<b>TPD</b>	<b>3175,71</b>	<b>163,86</b>	<b>285,71</b>	<b>89,43</b>	<b>327,14</b>	<b>4041,86</b>
%Tráfico Por Vehículo	78,57%	4,05%	7,07%	2,21%	8,09%	

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 78,6% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 7,1% son camiones 2 ejes, el 2,2% son camiones 3 ejes, el 4,1% son buses y el 8,1% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

### Figura 44

*Composición del tráfico en intersección 7*



### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día lunes es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 4525 vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día

domingo 140 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

**Figura 45**

*Variación diaria del tráfico en intersección 7*



***Demanda de tráfico en punto de control 8***

P8. Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Manuel Quiroga

Al analizar los resultados obtenidos, se observa un volumen promedio de 3718,14 vehículos diarios en ambos sentidos de circulación. En cuanto al período de mayor demanda de vehículos se produce el día martes en el intervalo de 08h00 a 09h00 sentido N-S y de 16h00 a 17h00 sentido S-N.

**Tabla 41**

*Conteos en ambos sentidos de circulación, Pc8. S-N y Pc8. N-S*

	Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	TOTAL (vpd)
<i>Lunes</i>	3190,00	29,00	202,00	47,00	203,00	3671,00
<i>Martes</i>	3853,00	91,00	309,00	63,00	239,00	4555,00
<i>Miércoles</i>	3711,00	115,00	212,00	34,00	162,00	4234,00
<i>Jueves</i>	3887,00	54,00	277,00	60,00	275,00	4553,00
<i>Viernes</i>	3565,00	91,00	130,00	4,00	141,00	3931,00
<i>Sábado</i>	2060,00	35,00	98,00	22,00	201,00	2416,00

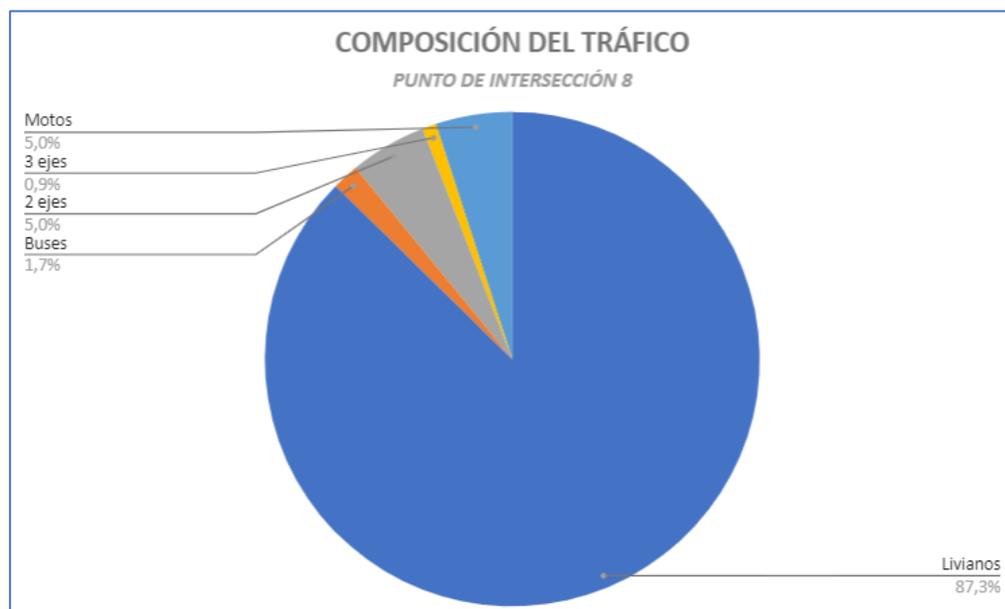
<i>Domingo</i>	2465,00	39,00	76,00	6,00	81,00	2667,00
Total	22731,00	454,00	1304,00	236,00	1302,00	26027,00
Promedio	3247,29	64,86	186,29	33,71	186,00	
<b>TPD</b>	3247,29	64,86	186,29	33,71	186,00	<b>3718,14</b>
% Tráfico Por Vehículo	87,34%	1,74%	5,01%	0,91%	5,00%	

### Composición del tráfico

En cuanto a la composición del tráfico se ha clasificado a los vehículos en livianos, taxis, buses, camiones 2 ejes, camiones 3 ejes y motos, en donde el 87,3% del total de vehículos que transitan por la vía son livianos, el 5% son camiones 2 ejes, el 0,9% son camiones 3 ejes, el 1,7% son buses y el 5% son motos. En la ilustración se puede observar la composición del tráfico.

### Figura 46

*Composición del tráfico en intersección 8*



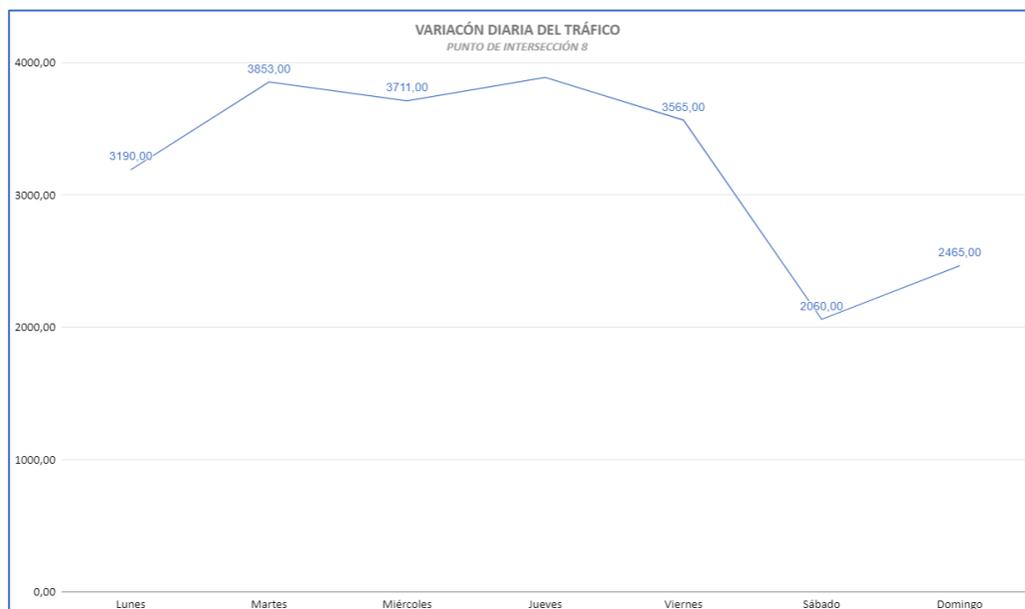
### Variación diaria del tráfico

En cuanto a la variación diaria del tráfico, los valores revelan que el día martes es el de mayor demanda de tráfico para los giros y sentidos de circulación con 3853

vehículos diarios. Adicional, se observa que el volumen disminuye teniendo el día domingo 2060 vehículos. Estos resultados se encuentran graficados en la siguiente ilustración.

### **Figura 47**

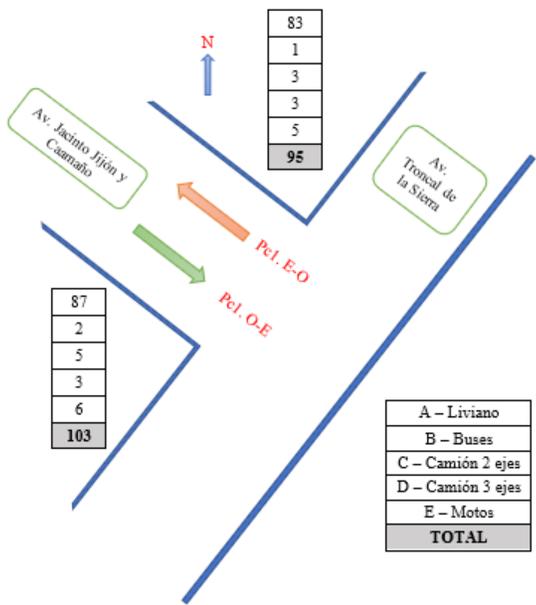
*Variación diaria del tráfico en intersección 8*



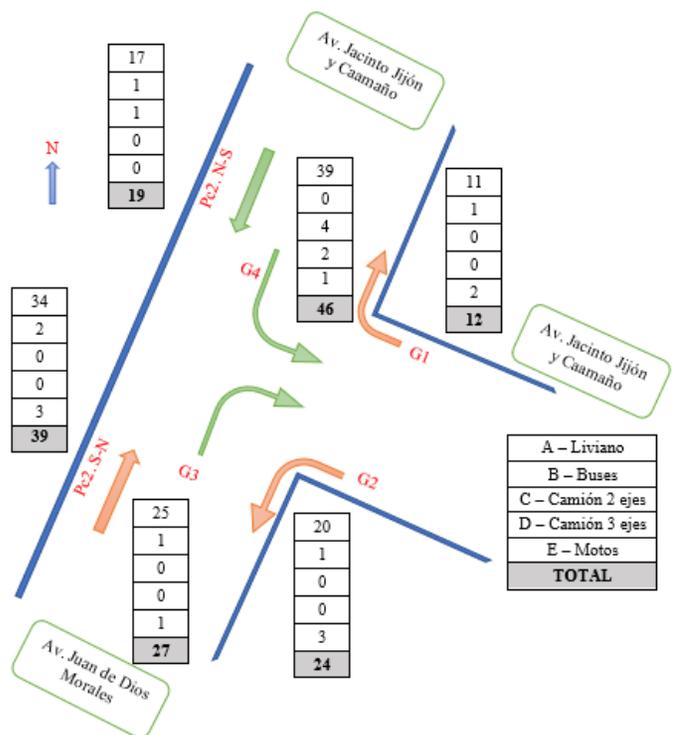
Las siguientes ilustraciones contienen los volúmenes diarios clasificados por vehículos en las horas de registros monitoreadas generadas en el análisis de las intersecciones previamente mencionadas. Cabe mencionar que los volúmenes se eligieron de acuerdo a la hora pico de cada punto de control:

### **Figura 48**

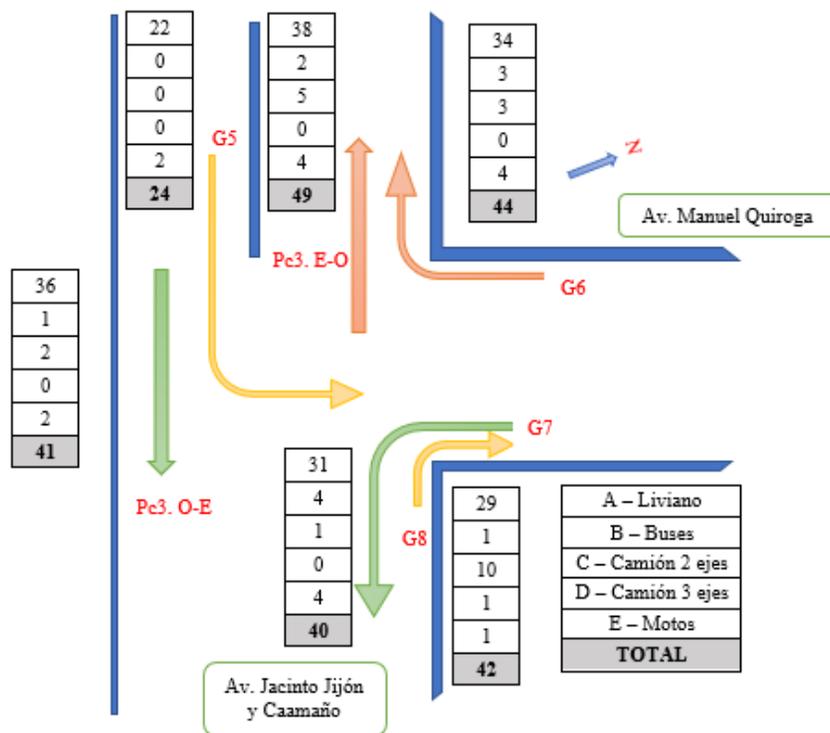
*Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 1*



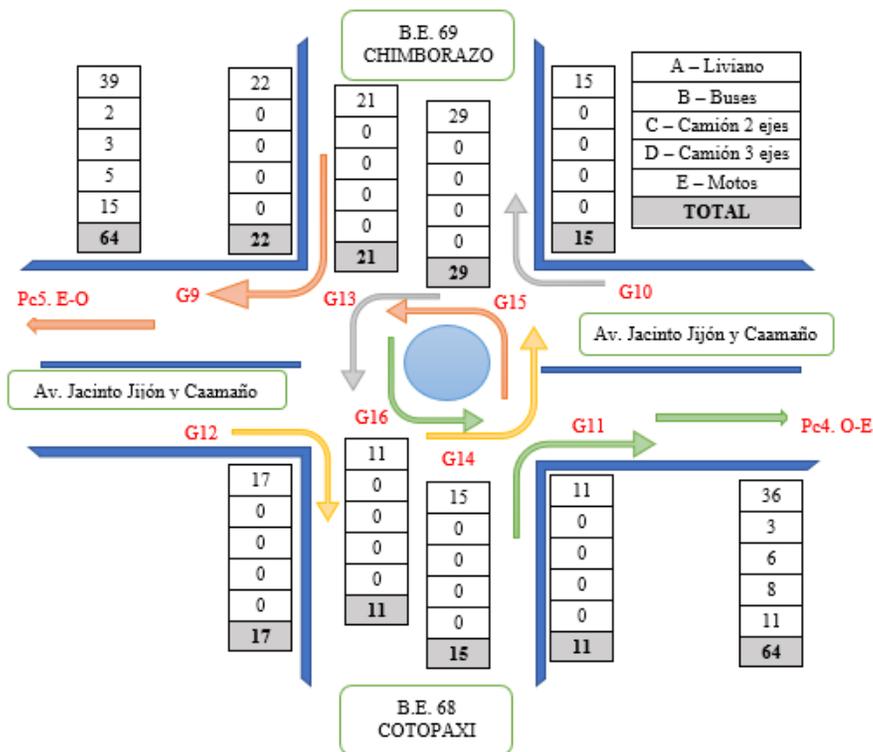
**Figura 49**  
Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 2



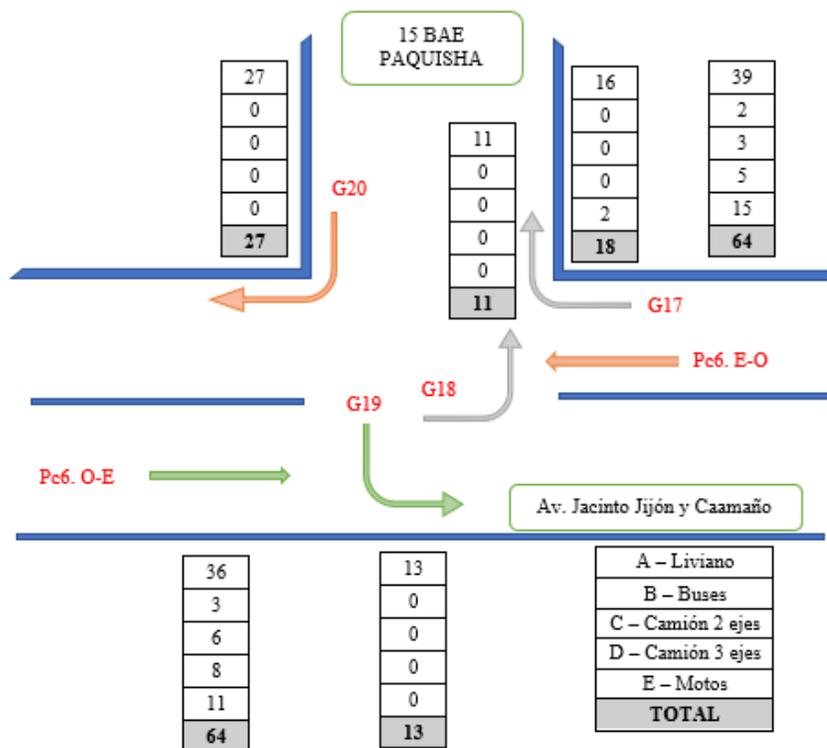
**Figura 50**  
Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 3



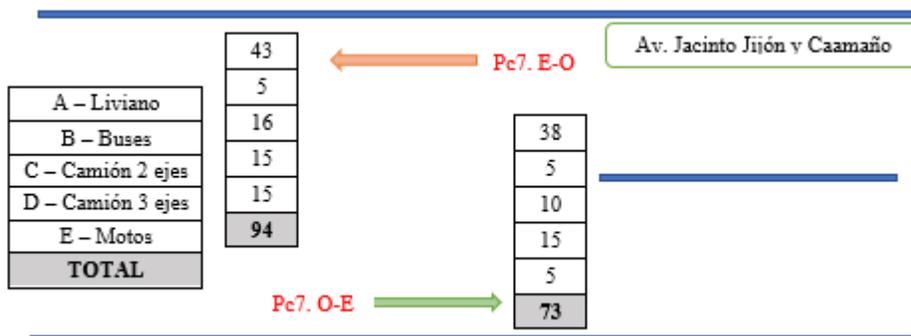
**Figura 51**  
Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 4 y 5.



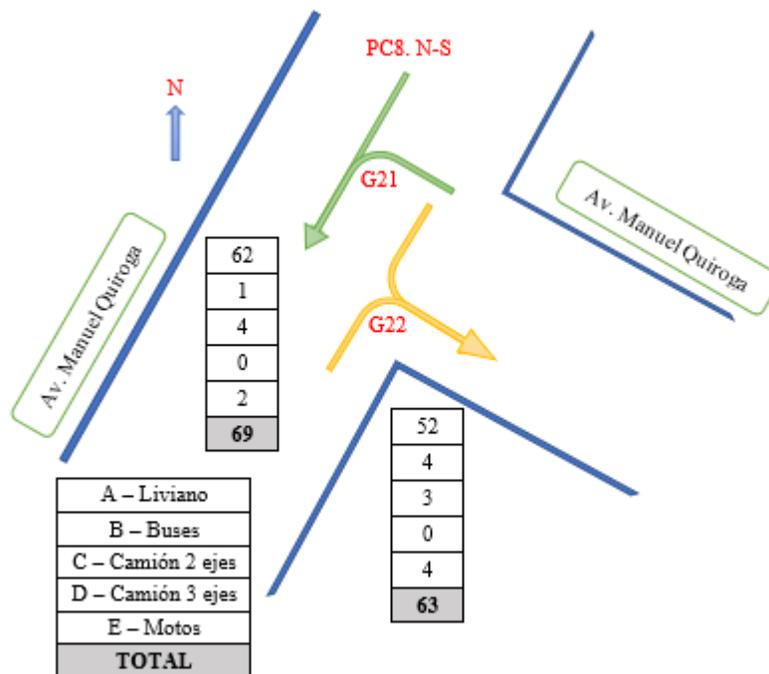
**Figura 52**  
Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 6



**Figura 53**  
Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 7



**Figura 54**  
Volúmenes vehiculares diarios en Punto de control 8



### Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA Actual)

Tomando como base la **Figura 8** para realizar un análisis de acuerdo a puntos de control (mostrados en amarillo) e intersecciones (mostradas en rojo), en las tablas mostradas a continuación se ha calculado el tránsito promedio diario anual, TPDA con los datos previamente obtenidos:

**Tabla 42**

*TPDA del punto de control 1*

	Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	
Lunes	4376	194	382	135	329	
Martes	3940	219	547	170	257	
Miércoles	4184	176	411	128	285	
Jueves	3979	166	530	152	329	
Viernes	4333	166	540	175	335	
Sábado	1660	100	235	49	153	
Domingo	2647	77	143	39	152	
Tráfico contado	25119	1098	2788	848	1840	
Promedio	3588,43	156,86	398,29	121,14	262,86	
<b>TRÁFICO</b>	<b>SUMA PARCIAL</b>	25119,00	1098,00	2788,00	848,00	1840,00
<b>TOTAL</b>	<b>SUMA TOTAL</b>	31693,00				

<b>TPD</b>	3588,43	156,86	398,29	121,14	262,86
% TRÁFICO POR VEHÍCULO	79,26%	3,46%	8,80%	2,68%	5,81%
<b>TPDA</b>	<b>TOTAL</b>				
(ACTUAL)	4515				
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	<b>TOTAL</b>				
POR VEHÍCULO	3579	156	397	121	262

**Tabla 43***TPDA del punto de control 2*

		<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>2 ejes</b>	<b>3 ejes</b>	<b>Motos</b>
Lunes		1252	117	64	12	87
Martes		1157	117	58	7	62
Miércoles		1174	128	50	6	100
Jueves		1306	139	62	10	96
Viernes		1314	123	66	5	101
Sábado		1153	92	56	8	96
Domingo		990	54	25	2	80
Tráfico contado		8346	770	381	50	622
Promedio		1192,29	110,00	54,43	7,14	88,86
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	<b>SUMA PARCIAL</b>	8346,00	770,00	381,00	50,00	622,00
	<b>SUMA TOTAL</b>	10169,00				
TPD		1192,29	110,00	54,43	7,14	88,86
% TRÁFICO POR VEHÍCULO		82,07%	7,57%	3,75%	0,49%	6,12%
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	<b>TOTAL</b>	1449				
	<b>POR VEHÍCULO</b>	1189	110	54	7	89

**Tabla 44***TPDA de la intersección 2*

		<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>2 ejes</b>	<b>3 ejes</b>	<b>Motos</b>
Lunes		4579	216	340	91	265
Martes		5023	255	499	96	293
Miércoles		5206	237	453	74	293
Jueves		4598	210	366	84	303
Viernes		5269	229	451	96	309
Sábado		2765	120	245	51	187
Domingo		2672	106	101	21	173
Tráfico contado		30112	1373	2455	513	1823
Promedio		4301,71	196,14	350,71	73,29	260,43
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	<b>SUMA PARCIAL</b>	30112,00	1373,00	2455,00	513,00	1823,00
	<b>SUMA TOTAL</b>	36276,00				
TPD		4301,71	196,14	350,71	73,29	260,43
% TRÁFICO POR VEHÍCULO		83,01%	3,78%	6,77%	1,41%	5,03%
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	<b>TOTAL</b>	5168				
	<b>POR VEHÍCULO</b>	4290	196	350	73	260

**Tabla 45***TPDA del punto de control 3*

		<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>2 ejes</b>	<b>3 ejes</b>	<b>Motos</b>
Lunes		1921	130	162	45	136
Martes		2229	171	231	43	123
Miércoles		2377	154	232	34	173
Jueves		2117	130	174	45	138
Viernes		2333	127	206	40	137
Sábado		1137	60	126	21	87
Domingo		1261	59	78	9	90
Tráfico contado		13375	831	1209	237	884
Promedio		1910,71	118,71	172,71	33,86	126,29
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	SUMA PARCIAL	13375,00	831,00	1209,00	237,00	884,00
	SUMA TOTAL			16536,00		
TPD		1910,71	118,71	172,71	33,86	126,29
% TRÁFICO POR VEHÍCULO		80,88%	5,03%	7,31%	1,43%	5,35%
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	TOTAL			2356		
	POR VEHÍCULO	1905	118	172	34	126

**Tabla 46***TPDA de la intersección 3*

		<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>2 ejes</b>	<b>3 ejes</b>	<b>Motos</b>
Lunes		3457	80	324	62	210
Martes		4250	120	374	63	249
Miércoles		4216	140	404	79	253
Jueves		3461	94	346	66	216
Viernes		3952	108	355	64	196
Sábado		1870	69	31	18	40
Domingo		1398	7	25	5	90
Tráfico contado		22604	618	1859	357	1254
Promedio		3229,14	88,29	265,57	51,00	179,14
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	SUMA PARCIAL	22604,00	618,00	1859,00	357,00	1254,00
	SUMA TOTAL			26692,00		
TPD		3229,14	88,29	265,57	51,00	179,14
% TRÁFICO POR VEHÍCULO		84,68%	2,32%	6,96%	1,34%	4,70%
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	TOTAL			3803		
	POR VEHÍCULO	3220	88	265	51	179

**Tabla 47***TPDA del punto de control 4*

	Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	
Lunes	927	63	73	16	52	
Martes	1239	65	70	17	58	
Miércoles	1337	60	68	14	65	
Jueves	1153	64	65	15	66	
Viernes	1266	67	60	12	69	
Sábado	671	36	35	5	45	
Domingo	668	39	41	2	50	
Tráfico contado	7261	394	412	81	405	
Promedio	1037,29	56,29	58,86	11,57	57,86	
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	SUMA PARCIAL	7261,00	394,00	412,00	81,00	405,00
	SUMA TOTAL	8553,00				
TPD	1037,29	56,29	58,86	11,57	57,86	
% TRÁFICO POR VEHÍCULO	84,89%	4,61%	4,82%	0,95%	4,74%	
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	TOTAL	1219				
	POR VEHÍCULO	1034	56	59	12	58

**Tabla 48***TPDA de la intersección 4*

	Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos	
Lunes	571	0	11	2	13	
Martes	473	4	13	1	11	
Miércoles	436	4	13	2	8	
Jueves	309	2	7	5	7	
Viernes	307	2	3	4	5	
Sábado	43	1	0	0	2	
Domingo	23	0	0	0	2	
Tráfico contado	2162	13	47	14	48	
Promedio	308,86	1,86	6,71	2,00	6,86	
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	SUMA PARCIAL	2162,00	13,00	47,00	14,00	48,00
	SUMA TOTAL	2284,00				
TPD	308,86	1,86	6,71	2,00	6,86	
% TRÁFICO POR VEHÍCULO	94,66%	0,57%	2,06%	0,61%	2,10%	
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	TOTAL	325				
	POR VEHÍCULO	308	2	7	2	7

**Tabla 49**  
*TPDA del punto de control 5*

		Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos
Lunes		1019	62	72	15	51
Martes		1362	64	71	16	57
Miércoles		1470	61	69	15	64
Jueves		1268	63	64	16	63
Viernes		1392	66	61	13	68
Sábado		738	38	37	6	46
Domingo		724	35	40	3	45
Tráfico contado		7973	389	414	84	394
Promedio		1139,00	55,57	59,14	12,00	56,29
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	SUMA PARCIAL	7973,00	389,00	414,00	84,00	394,00
	SUMA TOTAL			9254,00		
TPD		1139,00	55,57	59,14	12,00	56,29
% TRÁFICO POR VEHÍCULO		86,16%	4,20%	4,47%	0,91%	4,26%
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	TOTAL			1318		
	POR VEHÍCULO	1136	55	59	12	56

**Tabla 50**  
*TPDA de la intersección 5*

		Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos
Lunes		230	4	5	1	5
Martes		216	0	1	6	12
Miércoles		233	0	4	9	8
Jueves		174	0	2	6	9
Viernes		196	0	2	6	9
Sábado		98	0	0	0	0
Domingo		33	0	0	0	2
Tráfico contado		1180	4	14	28	45
Promedio		168,57	0,57	2,00	4,00	6,43
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	SUMA PARCIAL	1180,00	4,00	14,00	28,00	45,00
	SUMA TOTAL			1271,00		
TPD		168,57	0,57	2,00	4,00	6,43
% TRÁFICO POR VEHÍCULO		92,84%	0,31%	1,10%	2,20%	3,54%
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	TOTAL			181		
	POR VEHÍCULO	168	1	2	4	6

**Tabla 51***TPDA del punto de control 6*

		Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos
Lunes		1984	125	145	31	103
Martes		2652	129	141	33	115
Miércoles		2862	121	137	29	129
Jueves		2469	127	129	31	129
Viernes		2710	133	121	25	137
Sábado		1436	74	72	11	91
Domingo		1419	74	81	5	95
Tráfico contado		15532	783	826	165	799
Promedio		2218,86	111,86	118,00	23,57	114,14
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	SUMA PARCIAL	15532,00	783,00	826,00	165,00	799,00
	SUMA TOTAL			18105,00		
TPD		2218,86	111,86	118,00	23,57	114,14
% TRÁFICO POR VEHÍCULO		85,79%	4,32%	4,56%	0,91%	4,41%
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	TOTAL			2579		
	POR VEHÍCULO	2213	112	118	24	114

**Tabla 52***TPDA de la intersección 6*

		Livianos	Buses	2 ejes	3 ejes	Motos
Lunes		419	1	1	2	7
Martes		384	5	4	1	2
Miércoles		425	1	3	2	5
Jueves		340	1	3	1	9
Viernes		443	1	2	0	2
Sábado		47	6	0	0	8
Domingo		16	2	0	0	4
Tráfico contado		2074	17	13	6	37
Promedio		296,29	2,43	1,86	0,86	5,29
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	SUMA PARCIAL	2074,00	17,00	13,00	6,00	37,00
	SUMA TOTAL			2147,00		
TPD		296,29	2,43	1,86	0,86	5,29
% TRÁFICO POR VEHÍCULO		96,60%	0,79%	0,61%	0,28%	1,72%
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	TOTAL			306		
	POR VEHÍCULO	295	2	2	1	5

**Tabla 53***TPDA del punto de control 7*

	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>2 ejes</b>	<b>3 ejes</b>	<b>Motos</b>	
Lunes	4525	176	349	196	597	
Martes	3506	206	457	45	111	
Miércoles	3802	285	475	217	691	
Jueves	3482	181	432	142	509	
Viernes	3819	130	187	15	202	
Sábado	1696	105	68	9	91	
Domingo	1400	64	32	2	89	
Tráfico contado	22230	1147	2000	626	2290	
Promedio	3175,71	163,86	285,71	89,43	327,14	
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	<b>SUMA PARCIAL</b>	<b>22230,00</b>	<b>1147,00</b>	<b>2000,00</b>	<b>626,00</b>	<b>2290,00</b>
	<b>SUMA TOTAL</b>			<b>28293,00</b>		
TPD	3175,71	163,86	285,71	89,43	327,14	
% TRÁFICO POR VEHÍCULO	78,57%	4,05%	7,07%	2,21%	8,09%	
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	<b>TOTAL</b>		<b>4031</b>			
	<b>POR VEHÍCULO</b>	<b>3167</b>	<b>163</b>	<b>285</b>	<b>89</b>	<b>326</b>

**Tabla 54***TPDA del punto de control 8*

	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>2 ejes</b>	<b>3 ejes</b>	<b>Motos</b>	
Lunes	3190	29	202	47	203	
Martes	3853	91	309	63	239	
Miércoles	3711	115	212	34	162	
Jueves	3887	54	277	60	275	
Viernes	3565	91	130	4	141	
Sábado	2060	35	98	22	201	
Domingo	2465	39	76	6	81	
Tráfico contado	22731	454	1304	236	1302	
Promedio	3247,29	64,86	186,29	33,71	186,00	
<b>TRÁFICO TOTAL</b>	<b>SUMA PARCIAL</b>	<b>22731,00</b>	<b>454,00</b>	<b>1304,00</b>	<b>236,00</b>	<b>1302,00</b>
	<b>SUMA TOTAL</b>			<b>26027,00</b>		
TPD	3247,29	64,86	186,29	33,71	186,00	
% TRÁFICO POR VEHÍCULO	87,34%	1,74%	5,01%	0,91%	5,00%	
<b>TPDA (ACTUAL)</b>	<b>TOTAL</b>		<b>3708</b>			
	<b>POR VEHÍCULO</b>	<b>3238</b>	<b>65</b>	<b>186</b>	<b>34</b>	<b>185</b>

Es de suma importancia identificar el tipo de vehículo que circula por una zona, el número de veces que pasa y su peso por eje. Por tal razón, durante la toma de datos de los aforos vehiculares para cada punto de control se ha clasificado el tipo de automóvil de la siguiente manera:

**Figura 55**  
*Tipos de ejes y pesos*

Tipos	Ejes de vehículos y sus pesos	Ilustración
Livianos	<p><b>Eje Simple</b> Peso máximo admisible para un eje de dos neumáticos es de 7000 kg.</p>	
	<p><b>Eje Tandem</b> Peso máximo admisible para un eje tandem de cuatro neumáticos es de 10 000 kg.</p>	
Buses	<p><b>Eje Tandem</b> Peso máximo admisible para un eje tandem de seis neumáticos es de 14 000 kg.</p>	
	<p><b>Eje Tandem</b> Peso máximo admisible para un eje tandem de seis neumáticos es de 14 000 kg.</p>	
Camiones	<p><b>Eje Tandem</b> Peso máximo admisible para un eje tandem de ocho neumáticos es de 18 000 kg.</p>	
	<p><b>Eje Tridem</b> Peso máximo admisible para un eje tridem de doce neumáticos es de 25 000 kg.</p>	

Tomado de *Estudio de Tránsito Para Diseño de Pavimentos* (p.90) por Minaya and Ordoñez, 2006.

## Tráfico Futuro

### Proyección en base a la tasa de crecimiento poblacional

En caso de no contar con la información estadística, las proyecciones se harán en base a la tasa de crecimiento poblacional o al consumo de combustible (MOP, NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS, 2003).

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

Donde,

$Tf = \text{Tráfico futuro o proyectado}$

$Ta = \text{Tráfico anual}$

$i = \text{Tasa de crecimiento de tráfico}$

$n = \text{número de años proyectados}$

### **Cálculo del factor n**

Se define como años de operación (n); al tiempo comprendido desde la inauguración del proyecto hasta el término de su vida útil, teniendo las siguientes consideraciones según MTOP, 2013:

Proyectos de rehabilitación y mejoras.....	n=20 años
Proyectos especiales de nuevas vías.....	n=30 años
Mega Proyectos Nacionales.....	n=50 años

### **Tasa de crecimiento de tráfico**

De acuerdo con la Secretaría de Movilidad del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, el crecimiento del parque automotor en los últimos 10 años registra un promedio de 7,5% anual, es decir, 35.000 vehículos más cada año, mientras que la capacidad vial se encuentra en continuo proceso de saturación. Aproximadamente, 35% de la red principal ya está saturada y tiene tendencia a incrementarse (SECRETARIA MOVILIDAD, 2020).

### **Punto de control 1**

TPDS= 4404 vehí.mixtos/día

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

$$Tf = 4404(1 + 0,075)^{30}$$

$$Tf = 38557 \text{ vehí. mixtos/día}$$

**Punto de control 2**

TPDS= 6635 vehí.mixtos/día

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

$$Tf = 6635(1 + 0,075)^{30}$$

$$Tf = 58089 \text{ vehí. mixtos/día}$$

**Punto de control 3**

TPDS= 6175 vehí.mixtos/día

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

$$Tf = 6175(1 + 0,075)^{30}$$

$$Tf = 54061 \text{ vehí. mixtos/día}$$

**Punto de control 4**

TPDS= 1548 vehí.mixtos/día

**Nota:** El punto control 4 se encuentra localizado en el B.E 68 "COTOPAXI", al ser una unidad militar se debe considerar que no existiría una tasa de crecimiento ya que la población es constante.

**Punto de control 5**

TPDS= 1503 vehí.mixtos/día

**Nota:** El punto control 5 se encuentra localizado en el B.E 69 “CHIMBORAZO”, al ser una unidad militar se debe considerar que no existiría una tasa de crecimiento ya que la población es constante.

#### **Punto de control 6**

TPDS= 2893 **vehí.**mixtos/día

**Nota:** El punto control 6 se encuentra localizado en el 15 B.A.E “PAQUISHA”, al ser una unidad militar se debe considerar que no existiría una tasa de crecimiento ya que la población es constante.

#### **Punto de control 7**

TPDS= 4042 **vehí.**mixtos/día

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

$$Tf = 4042(1 + 0,075)^{30}$$

$$Tf = 35387 \text{ vehí. mixtos/día}$$

#### **Punto de control 8**

TPDS= 3718 **vehí.**mixtos/día

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

$$Tf = 3718(1 + 0,075)^{30}$$

$$Tf = 32551 \text{ vehí. mixtos/día}$$

## Resultado del Estudio de Velocidades:

La calidad de operación en un sistema de transporte es determinada por la velocidad, con la cual se puede hacer una relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se demora en recorrerlo (Reyna Peña, 2015).

### Niveles de servicio

#### *Intersecciones sin Semáforos*

Según el HCM, 2000 se puede calificar al nivel de servicio al cual opera una intersección que no cuenta con semáforos, para este caso en particular, siete de las ocho intersecciones elegidas no tienen.

#### **Figura 56**

*Niveles de servicio para intersección sin semáforos*

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA TOTAL MEDIA (seg/v)
A	$\leq 5$
B	$> 5 \text{ Y } \leq 10$
C	$> 10 \text{ Y } \leq 20$
D	$> 20 \text{ Y } \leq 30$
E	$> 30 \text{ Y } \leq 45$
F	$> 45$

Tomado de *Highway Capacity Manual Transportation* (p.254) por (HCM, 2000).

Cabe mencionar que, para el presente estudio, el aforo vehicular se lo lleva a cabo en cada punto de control, transcurrido un periodo de 15 minutos durante la hora de máxima demanda, por siete días continuos.

#### **TRAMO 1**

##### **P1.** Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Troncal de la Sierra

Se llevó a cabo con una distancia de 400 m, comprendidos en la Avenida Jacinto Jijón y Caamaño. Los resultados de las velocidades tomadas se visualizan en la tabla presentada a continuación.

**Tabla 55***Velocidad promedio del primer tramo tomada en campo*

<b>AVENIDA JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO - TRAMO 1</b>						
<b>ESTE - OESTE</b>			<b>OESTE - ESTE</b>			
	<b>TIEMPO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>VELOCIDAD</b>
	<b>(segundos)</b>	<b>(m/seg)</b>	<b>(km/h)</b>	<b>(segundos)</b>	<b>(m/seg)</b>	<b>(km/h)</b>
1	45	8,89	32,00	47	8,51	30,64
2	56	7,14	25,71	28	14,29	51,43
3	55	7,27	26,18	32	12,50	45,00
4	40	10,00	36,00	36	11,11	40,00
5	40	10,00	36,00	38	10,53	37,89
6	38	10,53	37,89	42	9,52	34,29
7	39	10,26	36,92	32	12,50	45,00
8	28	14,29	51,43	37	10,81	38,92
9	55	7,27	26,18	39	10,26	36,92
10	40	10,00	36,00	32	12,50	45,00
11	37	10,81	38,92	39	10,26	36,92
12	45	8,89	32,00	42	9,52	34,29
13	40	10,00	36,00	37	10,81	38,92
14	50	8,00	28,80	36	11,11	40,00
15	44	9,09	32,73	38	10,53	37,89
16	55	7,27	26,18	32	12,50	45,00
17	38	10,53	37,89	31	12,90	46,45
18	41	9,76	35,12	30	13,33	48,00
19	50	8,00	28,80	42	9,52	34,29
20	44	9,09	32,73	37	10,81	38,92
21	55	7,27	26,18	39	10,26	36,92
22	38	10,53	37,89	40	10,00	36,00
23	41	9,76	35,12	36	11,11	40,00
24	50	8,00	28,80	42	9,52	34,29
25	44	9,09	32,73	36	11,11	40,00
26	55	7,27	26,18	38	10,53	37,89
27	48	8,33	30,00	42	9,52	34,29
28	50	8,00	28,80	35	11,43	41,14
29	52	7,69	27,69	32	12,50	45,00
30	49	8,16	29,39	38	10,53	37,89
	<b>PROMEDIO</b>		<b>32,54</b>	<b>PROMEDIO</b>		<b>39,64</b>

**Figura 57***Conteos en la hora pico del primer tramo*

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO							
PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL FUERTE MILITAR "GRAD. MARCO AURELIO SUBIA"						
TRAMO :	1	ESTACIÓN:					
SENTIDO:	AMBOS SENTIDOS DE CIRCULACIÓN			DÍA DE LA SEMANA:	VIERNES		
	UBICACIÓN:		E35 Y JIJÓN Y CAAMAÑO				
# HORA	INTERVALO	TIPO DE VEHÍCULO					VOLUMEN DE 15 min.
		LIVIANOS 	BUSES 	CAMIÓN		MOTOS 	
				2 EJES 	3 EJES O MAS 		
17	16h00 a 16h15	103,00	3,00	10,00	5,00	16,00	137,00
	16h15 a 16h30	149,00	4,00	8,00	6,00	10,00	177,00
	16h30 a 16h45	101,00	4,00	11,00	4,00	7,00	127,00
	16h45 a 17h00	149,00	3,00	8,00	5,00	11,00	176,00
	<b>TOTAL</b>	<b>502,00</b>	<b>14,00</b>	<b>37,00</b>	<b>20,00</b>	<b>44,00</b>	<b>617,00</b>
	%Tráfico Por Vehículo	81,36%	2,27%	6,00%	3,24%	7,13%	

En ese punto de control 1, se observa un volumen horario de 617 vehículos diarios en ambos sentidos de circulación, durante el período de mayor demanda de vehículos que se produce el día viernes en el intervalo de 16h00 a 17h00.

$$VHMD = 137 + 177 + 127 + 176$$

$$VHMD = 617 \text{ vehículos mixtos/hora}$$

En cuanto al Factor Horario de Máxima Demanda para 15 minutos

$$FHMD = \frac{617 \text{ veh/hora}}{4 * 176 \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = 0,88$$

## TRAMO 2

**P2.** Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Juan de Dios Morales

Se llevó a cabo con una distancia de 200 m, comprendidos en la Avenida Jacinto Jijón y Caamaño y la intersección Av. Juan de Dios. Los resultados de las velocidades tomadas se visualizan en la tabla presentada a continuación.

**Tabla 56**

*Velocidad promedio del segundo tramo tomada en campo*

AVENIDA JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO - TRAMO 2					
NORTE - SUR			SUR - NORTE		
TIEMPO (segundos)	VELOCIDAD (m/seg)	VELOCIDAD (km/h)	TIEMPO (segundos)	VELOCIDAD (m/seg)	VELOCIDAD (km/h)

1	22,30	8,97	32,29	19,97	10,02	36,05
2	15,50	12,90	46,45	23,5	8,51	30,64
3	16,38	12,21	43,96	22,76	8,79	31,63
4	27,13	7,37	26,54	24,36	8,21	29,56
5	25,50	7,84	28,24	28,05	7,13	25,67
6	18,16	11,01	39,65	23,12	8,65	31,14
7	17,55	11,40	41,03	22,5	8,89	32,00
8	18,63	10,74	38,65	21,1	9,48	34,12
9	18,73	10,68	38,44	27,02	7,40	26,65
10	29,36	6,81	24,52	18,39	10,88	39,15
11	21,92	9,12	32,85	17,93	11,15	40,16
12	21,05	9,50	34,20	20,42	9,79	35,26
13	15,73	12,71	45,77	18,38	10,88	39,17
14	17,63	11,34	40,84	15,86	12,61	45,40
15	29,29	6,83	24,58	19,9	10,05	36,18
16	21,79	9,18	33,04	18,96	10,55	37,97
17	18,82	10,63	38,26	13,86	14,43	51,95
18	14,92	13,40	48,26	21,57	9,27	33,38
19	22,72	8,80	31,69	12,69	15,76	56,74
20	19,92	10,04	36,14	19,76	10,12	36,44
21	20,20	9,90	35,64	27,02	7,40	26,65
22	20,54	9,74	35,05	23,02	8,69	31,28
23	24,49	8,17	29,40	19,56	10,22	36,81
24	21,82	9,17	33,00	18,87	10,60	38,16
25	24,94	8,02	28,87	36,72	5,45	19,61
26	19,49	10,26	36,94	21,12	9,47	34,09
27	35,70	5,60	20,17	18,68	10,71	38,54
28	18,73	10,68	38,44	30,53	6,55	23,58
29	24,87	8,04	28,95	20,19	9,91	35,66
30	23,69	8,44	30,39	24,00	8,33	30,00
PROMEDIO			34,74	PROMEDIO		34,79

Figura 58

Conteos en la Hora pico del segundo tramo

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO							
PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL FUERTE MILITAR "GRAD. MARCO AURELIO SUBIA"						
TRAMO :	2	ESTACIÓN:					
SENTIDO:	AMBOS SENTIDOS DE CIRCULACIÓN			DÍA DE LA SEMANA:		VIERNES	
				UBICACIÓN: E35 Y JIJÓN Y CAAMAÑO			
# HORA	INTERVALO	TIPO DE VEHÍCULO					VOLUMEN DE 15 min.
		LIVIANOS	BUSES	CAMIÓN		MOTOS	
				2 EJES	3 EJES O MAS		
17	16h00 a 16h15	59,00	3,00	0,00	0,00	4,00	66,00
	16h15 a 16h30	27,00	3,00	3,00	0,00	3,00	36,00
	16h30 a 16h45	49,00	3,00	0,00	0,00	1,00	53,00
	16h45 a 17h00	26,00	3,00	0,00	0,00	2,00	31,00
	<b>TOTAL</b>	<b>161,00</b>	<b>12,00</b>	<b>3,00</b>	<b>0,00</b>	<b>10,00</b>	<b>186,00</b>
	%Tráfico Por Vehículo	26,09%	1,94%	0,49%	0,00%	1,62%	

**TRAMO 3****P3. Av. Jacinto Jijón y Caamaño y Av. Manuel Quiroga**

Se llevó a cabo con una distancia de 600 m, comprendidos en la Avenida Jacinto Jijón y Caamaño y la Av. Manuel Quiroga. Los resultados de las velocidades tomadas se visualizan en la tabla presentada a continuación.

**Tabla 57**

*Velocidad promedio del tercer tramo tomada en campo*

	AVENIDA JACINTO JIJÓN Y CAAMAÑO - TRAMO 3					
	ESTE - OESTE			OESTE - ESTE		
	TIEMPO (segundos)	VELOCIDAD (m/seg)	VELOCIDAD (km/h)	TIEMPO (segundos)	VELOCIDAD (m/seg)	VELOCIDAD (km/h)
1	16,00	37,50	135,00	22,00	27,27	98,18
2	14,00	42,86	154,29	27,00	22,22	80,00
3	15,00	40,00	144,00	23,00	26,09	93,91
4	20,00	30,00	108,00	22,00	27,27	98,18
5	24,00	25,00	90,00	21,00	28,57	102,86
6	16,00	37,50	135,00	16,00	37,50	135,00
7	17,00	35,29	127,06	20,00	30,00	108,00
8	18,00	33,33	120,00	28,00	21,43	77,14
9	32,00	18,75	67,50	26,00	23,08	83,08
10	19,00	31,58	113,68	21,00	28,57	102,86
11	25,00	24,00	86,40	18,00	33,33	120,00
12	29,00	20,69	74,48	19,00	31,58	113,68
13	20,00	30,00	108,00	18,00	33,33	120,00
14	21,00	28,57	102,86	20,00	30,00	108,00
15	24,00	25,00	90,00	28,00	21,43	77,14
16	32,00	18,75	67,50	26,00	23,08	83,08
17	20,00	30,00	108,00	23,00	26,09	93,91
18	21,00	28,57	102,86	26,00	23,08	83,08
19	26,00	23,08	83,08	31,00	19,35	69,68
20	23,00	26,09	93,91	27,00	22,22	80,00
21	28,00	21,43	77,14	20,00	30,00	108,00
22	26,00	23,08	83,08	28,00	21,43	77,14
23	12,00	50,00	180,00	25,00	24,00	86,40
24	25,00	24,00	86,40	21,00	28,57	102,86
25	21,00	28,57	102,86	23,00	26,09	93,91
26	23,00	26,09	93,91	32,00	18,75	67,50
27	21,00	28,57	102,86	30,00	20,00	72,00
28	22,00	27,27	98,18	18,00	33,33	120,00
29	25,00	24,00	86,40	19,00	31,58	113,68
30	26,00	23,08	83,08	20,00	30,00	108,00
	<b>PROMEDIO</b>		<b>103,52</b>	<b>PROMEDIO</b>		<b>95,91</b>

**Figura 59**

Conteo en la hora pico del tercer tramo

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO							
PROYECTO:	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL FUERTE MILITAR "GRAD. MARCO AURELIO SUBIA"						
TRAMO :	3	ESTACIÓN:					
SENTIDO:	AMBOS SENTIDOS DE CIRCULACIÓN			DÍA DE LA SEMANA:		VIERNES	
			UBICACIÓN: E35 Y JIJÓN Y CAAMAÑO				
# HORA	INTERVALO	TIPO DE VEHÍCULO					VOLUMEN DE 15 min.
		LIVIANOS	BUSES	CAMIÓN		MOTOS	
				2 EJES	3 EJES O MAS		
17	16h00 a 16h15	50,00	2,00	6,00	0,00	5,00	63,00
	16h15 a 16h30	71,00	1,00	4,00	0,00	9,00	85,00
	16h30 a 16h45	64,00	2,00	6,00	3,00	6,00	81,00
	16h45 a 17h00	65,00	2,00	2,00	0,00	7,00	76,00
	<b>TOTAL</b>	<b>250,00</b>	<b>7,00</b>	<b>18,00</b>	<b>3,00</b>	<b>27,00</b>	<b>305,00</b>
	%Tráfico Por Vehículo	40,52%	1,13%	2,92%	0,49%	4,38%	

Para este punto de control es necesario indicar que la vía es de cuatro carriles, dos por cada sentido.

#### TRAMO 4

#### P4. Av. Jacinto Jijón y Caamaño

Se llevó a cabo con una distancia de 200 m, comprendidos desde la entrada del Fuerte Militar, en la Avenida Jacinto Jijón y Caamaño. Los resultados de las velocidades tomadas se visualizan en la tabla presentada a continuación.

**Tabla 58**

Velocidad promedio del cuarto tramo tomada en campo

AVENIDA MANUEL QUIROGA - TRAMO 4						
NORTE - SUR				SUR - NORTE		
	TIEMPO (segundos)	VELOCIDAD (m/seg)	VELOCIDAD (km/h)	TIEMPO (segundos)	VELOCIDAD (m/seg)	VELOCIDAD (km/h)
1	30,00	6,67	24,00	18,40	10,87	39,13
2	24,30	8,23	29,63	18,70	10,70	38,50
3	19,00	10,53	37,89	18,80	10,64	38,30
4	16,50	12,12	43,64	24,60	8,13	29,27
5	18,10	11,05	39,78	20,60	9,71	34,95
6	19,10	10,47	37,70	19,10	10,47	37,70
7	22,30	8,97	32,29	21,20	9,43	33,96
8	18,20	10,99	39,56	29,20	6,85	24,66
9	19,30	10,36	37,31	19,60	10,20	36,73

10	20,80	9,62	34,62	20,20	9,90	35,64	
11	18,20	10,99	39,56	20,40	9,80	35,29	
12	19,30	10,36	37,31	20,60	9,71	34,95	
13	19,10	10,47	37,70	23,80	8,40	30,25	
14	20,20	9,90	35,64	19,40	10,31	37,11	
15	20,60	9,71	34,95	23,90	8,37	30,13	
16	21,40	9,35	33,64	25,90	7,72	27,80	
17	20,60	9,71	34,95	16,30	12,27	44,17	
18	21,10	9,48	34,12	18,80	10,64	38,30	
19	22,20	9,01	32,43	18,90	10,58	38,10	
20	21,40	9,35	33,64	23,70	8,44	30,38	
21	22,10	9,05	32,58	24,70	8,10	29,15	
22	20,90	9,57	34,45	25,00	8,00	28,80	
23	21,90	9,13	32,88	22,30	8,97	32,29	
24	20,50	9,76	35,12	22,70	8,81	31,72	
25	21,50	9,30	33,49	21,20	9,43	33,96	
26	20,50	9,76	35,12	21,90	9,13	32,88	
27	20,50	9,76	35,12	22,10	9,05	32,58	
28	19,30	10,36	37,31	20,50	9,76	35,12	
29	18,90	10,58	38,10	21,70	9,22	33,18	
30	19,60	10,20	36,73	20,90	9,57	34,45	
PROMEDIO			35,38	PROMEDIO			33,98

**Figura 60**

*Conteo en la hora pico del cuarto tramo*

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO							
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL FUERTE MILITAR "GRAD. MARCO AURELIO SUBIA"							
TRAMO:	4			ESTACIÓN:			
SENTIDO:	AMBOS SENTIDOS DE CIRCULACIÓN			DÍA DE LA SEMANA:		VIERNES	
				UBICACIÓN:		E35 Y JIJÓN Y CAAMAÑO	
# HORA	INTERVALO	TIPO DE VEHÍCULO					VOLUMEN DE 15 min.
		LIVIANOS	BUSES	CAMIÓN		MOTOS	
				2 EJES	3 EJES O MAS		
17	16h00 a 16h15	76,00	4,00	8,00	13,00	0,00	101,00
	16h15 a 16h30	91,00	9,00	10,00	11,00	1,00	122,00
	16h30 a 16h45	81,00	11,00	28,00	23,00	0,00	143,00
	16h45 a 17h00	75,00	7,00	17,00	8,00	0,00	107,00
<b>TOTAL</b>		<b>323,00</b>	<b>31,00</b>	<b>63,00</b>	<b>55,00</b>	<b>1,00</b>	<b>473,00</b>
%Tráfico Por Vehículo		52,35%	5,02%	10,21%	8,91%	0,16%	

**TRAMO 5****P5. Manuel Quiroga**

Se llevó a cabo con una distancia de 400 m, comprendidos en la Av. Manuel Quiroga. Los resultados de las velocidades tomadas se visualizan en la tabla presentada a continuación.

**Tabla 59**

*Velocidad promedio del quinto tramo tomada en campo*

<b>AVENIDA MANUEL QUIROGA - TRAMO 5</b>						
<b>NORTE - SUR</b>			<b>SUR - NORTE</b>			
	<b>TIEMPO (segundos)</b>	<b>VELOCIDAD (m/seg)</b>	<b>VELOCIDAD (km/h)</b>	<b>TIEMPO (segundos)</b>	<b>VELOCIDAD (m/seg)</b>	<b>VELOCIDAD (km/h)</b>
1	26,00	15,38	55,38	41,26	9,69	34,90
2	25,96	15,41	55,47	27,98	14,30	51,47
3	29,44	13,59	48,91	37,28	10,73	38,63
4	24,14	16,57	59,65	39,79	10,05	36,19
5	40,00	10,00	36,00	35,62	11,23	40,43
6	38,00	10,53	37,89	37,00	10,81	38,92
7	35,05	11,41	41,08	27,02	14,80	53,29
8	40,00	10,00	36,00	31,63	12,65	45,53
9	31,46	12,71	45,77	52,56	7,61	27,40
10	38,19	10,47	37,71	30,28	13,21	47,56
11	30,29	13,21	47,54	34,28	11,67	42,01
12	47,87	8,36	30,08	39,88	10,03	36,11
13	34,05	11,75	42,29	36,84	10,86	39,09
14	35,50	11,27	40,56	49,83	8,03	28,90
15	52,00	7,69	27,69	35,44	11,29	40,63
16	35,00	11,43	41,14	37,88	10,56	38,01
17	31,27	12,79	46,05	42,94	9,32	33,54
18	39,34	10,17	36,60	86,38	4,63	16,67
19	35,48	11,27	40,59	86,56	4,62	16,64
20	32,07	12,47	44,90	41,55	9,63	34,66
21	39,11	10,23	36,82	40,26	9,94	35,77
22	27,18	14,72	52,98	46,81	8,55	30,76
23	31,92	12,53	45,11	40,54	9,87	35,52
24	63,66	6,28	22,62	33,82	11,83	42,58
25	58,47	6,84	24,63	42,47	9,42	33,91
26	44,70	8,95	32,21	42,47	9,42	33,91
27	42,07	9,51	34,23	36,29	11,02	39,68
28	26,00	15,38	55,38	39,54	10,12	36,42
29	43,96	9,10	32,76	57,25	6,99	25,15
30	40,95	9,77	35,16	34,44	11,61	41,81
	<b>PROMEDIO</b>		<b>40,77</b>	<b>PROMEDIO</b>		<b>36,54</b>

### ***Criterio de niveles de servicio para carreteras de dos carriles Clase II***

Para todo el trayecto de la zona de estudio, se observa un volumen horario promedio de 1650 vehículos diarios en ambos sentidos de circulación, durante el período de mayor demanda de vehículos que se produce en el intervalo de 16h00 a 17h00.

Con el fin de aplicar la metodología del HCM, 2000 se consideran factores dados por tablas para determinar la velocidad media, y el porcentaje de tiempo perdido por viaje, los resultados son mostrados a continuación:

### **Figura 61**

#### ***Criterio del LOS para carreteras de dos carriles Clase II***

**Tabla V. Criterio del LOS para carreteras de dos carriles Clase II**

LOS	% de tiempo utilizado en seguir un vehículo
A	≤ 40
B	> 40 - 55
C	> 55 - 70
D	> 70 - 85
E	> 85

Nota:  
LOS F aplica cuando la razón de flujo excede la capacidad del segmento

Tomado de *Aplicación del manual de capacidad de carreteras (HCM) versión 2000, para la evaluación del nivel de servicio de carreteras de dos carriles* (p.53) por HCM, 2000.

Se empleó la Tabla V para carreteras clase II en la cual se toma en cuenta el porcentaje de tiempo utilizado para seguir a un vehículo.

### **Figura 62**

#### ***Aplicación de los criterios del LOS para carreteras de dos carriles Clase II***

**Velocidad media de viaje**

Factor de ajuste por rampa	$f_R$	0,93	Tabla 20-7	$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_C \cdot (E_C - 1) + P_R \cdot (E_R - 1)}$			
Equivalente en autos para camiones	$E_C$	1,9	Tabla 20-9				
Equivalente en autos p/veh.recreacionales	$E_R$	1,1	Tabla 20-9				
Factor de ajuste por vehículos pesados	$f_{VP}$	0,91					
Volumen equivalente (ambos sentidos)	$V_P$	935	au/h				
Velocidad de Flujo Libre (medición de campo)	$V_{MC}$	39,0	km/h	Velocidad de Flujo Libre (estimada)	$V_{FLR}$	60,0	
Velocidad según medición de campo	$V_O$	1650,0	veh/h	Vel. Flujo Libre de referencia	$f_{CB}$	2,8	Tabla 20-5
Volumen observado	$V_{FL}$	62	km/h	Ajuste por ancho de carril y de banquina	$f_A$	0,0	Tabla 20-5
Velocidad de Flujo Libre				Ajuste por cantidad de accesos	$V_{FL}$	57	km/h
$V_{FL} = V_{MC} + 0,0125 (V_O / f_{VP})$				Velocidad de Flujo Libre			
Ajuste por zonas c/prohib. de sobrepaso	$f_{NP}$	3,1	Tabla 20-11	$VMV = V_{FL} - (0,01242 \cdot v_p) - f_{np}$			
Velocidad media de viaje	$VMV$	47	km/h				

**Porcentaje de tiempo perdido por viajar en pelotón**

Factor de ajuste por rampa	$f_R$	0,77	Tabla 20-8	$PTPPR = 100 \cdot (1 - e^{-0,000875 v_p})$
Equivalente en autos para camiones	$E_C$	1,8	Tabla 20-10	
Equivalente en autos p/veh.recreacionales	$E_R$	1,0	Tabla 20-10	
Factor de ajuste por vehículos pesados	$f_{VP}$	0,92		
Volumen equivalente (ambos sentidos)	$V_P$	1.118	au/h	
% tiempo perdido p/viajar e/pelotón ref.	$PTPPR$	63%		
Ajuste p/distr.dir y zonas c/prohib. sobrepaso	$f_{D/NP}$	7,3	Tabla 20-11	
Porcentaje de tiempo utilizado para seguir un vehículo		70%		

Para determinar este porcentaje se ingresó, la velocidad de flujo libre, el volumen de tránsito observado, el factor ajuste por rampa, el factor equivalente en autos para camiones y vehículos recreacionales, así como el porcentaje de tiempo perdido en zonas de no adelantamiento, lo que nos dio un 70 % de tiempo utilizado para seguir a un vehículo, que de acuerdo a la Tabla V le ubica en un nivel de servicio tipo D.

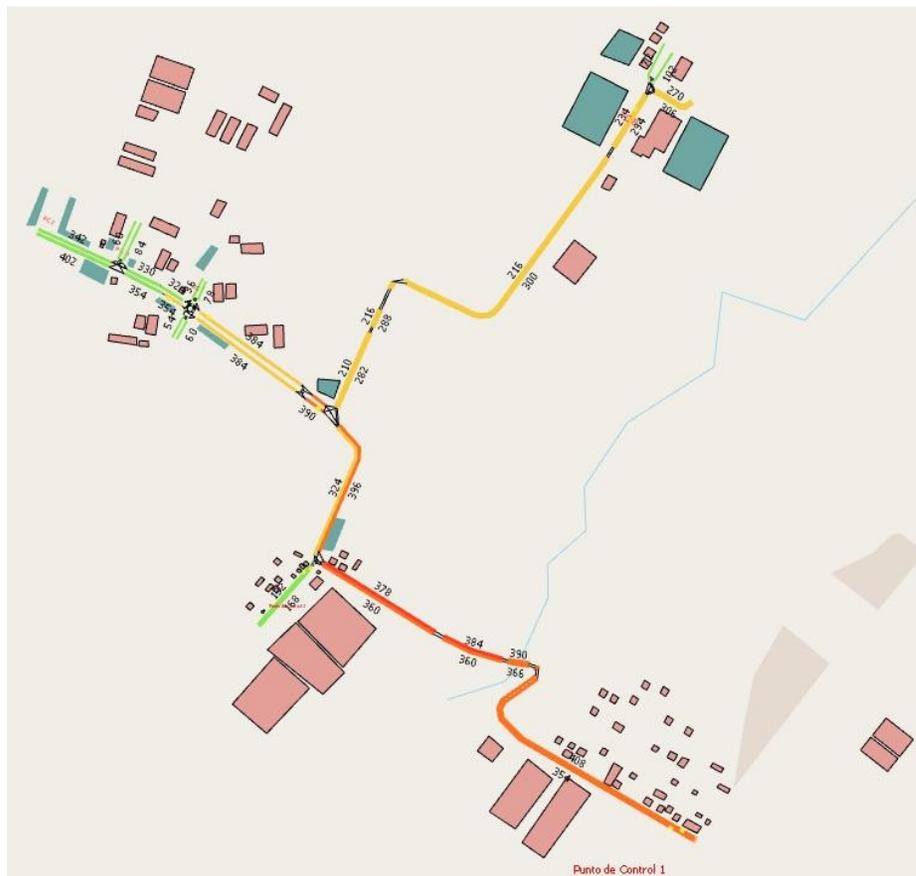
**Modelación en Aimsun**

A continuación, se presenta la simulación en condiciones actuales y futuras para cada punto de control. Tomando como base los datos obtenidos del conteo vehicular y el tráfico futuro calculado, se ingresa el volumen horario vehicular de máxima demanda analizando cada sentido y giro, según amerite la intersección.

## Escenario actual

### Figura 63

Modelación en Aimsun para escenario actual

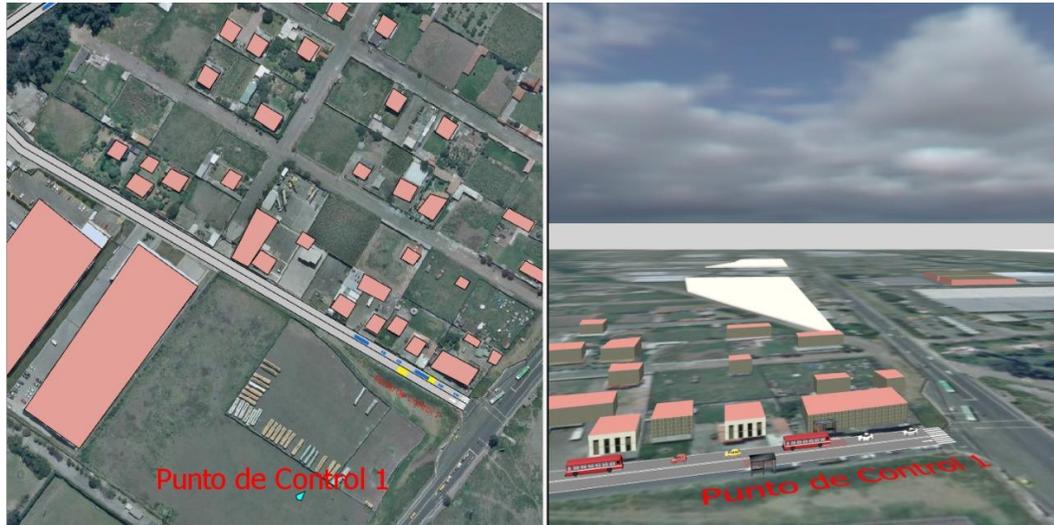


*Nota.* El flujo actual genera congestión debido a que en este sector existe la presencia de un parque industrial.

Es necesario resaltar que, por el deterioro, además de falta de mantenimiento vial, existe acumulación vehicular en las horas pico.

**Figura 64**

*Modelo 3D Aimsun del primer punto de control*

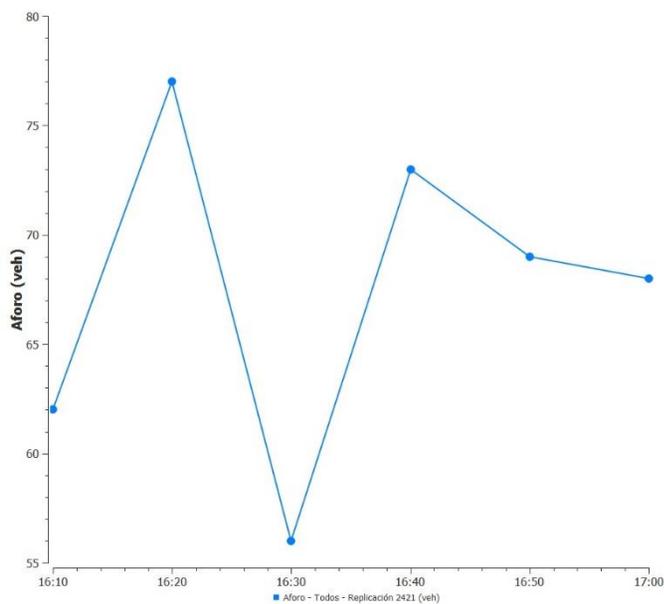


Nota. Vista en planta y 3D del P1 durante la simulación en escenario actual.

La micro simulación se llevó a cabo durante la hora pico de 16h00 a 17h00, que fue determinada previamente para esta intersección.

**Figura 65**

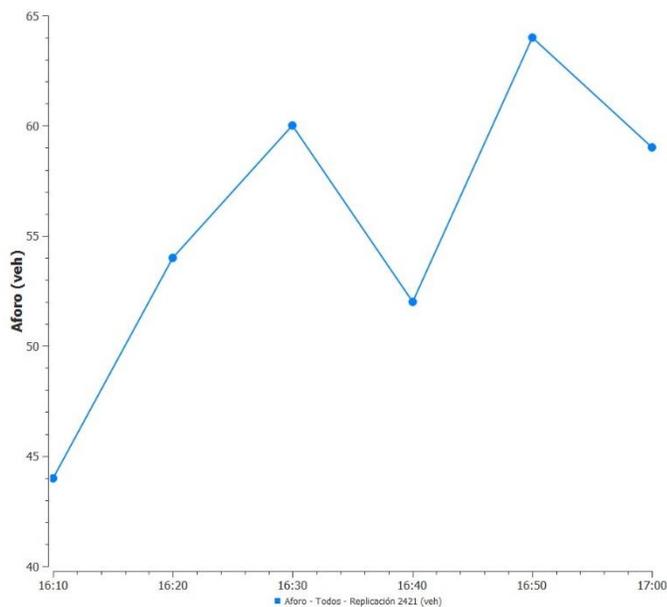
*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 1, E – O.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 77 veh/h a las 16h20.

### Figura 66

*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 1, O – E.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 64 veh/h a las 16h50.

**Figura 67**

Modelo 3D Aimsun del segundo punto de control

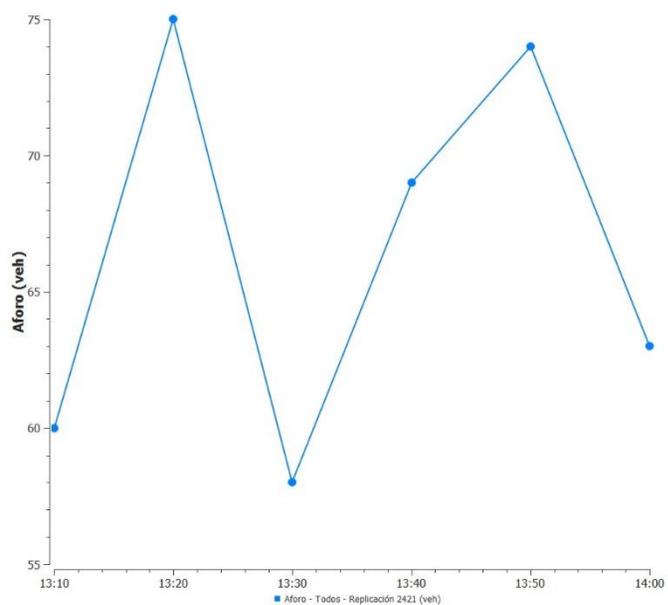


Nota. Vista en planta y 3D del P2 durante la simulación en escenario actual.

La micro simulación se llevó a cabo durante la hora pico de 13h00 a 14h00, que fue determinada previamente para esta intersección.

**Figura 68**

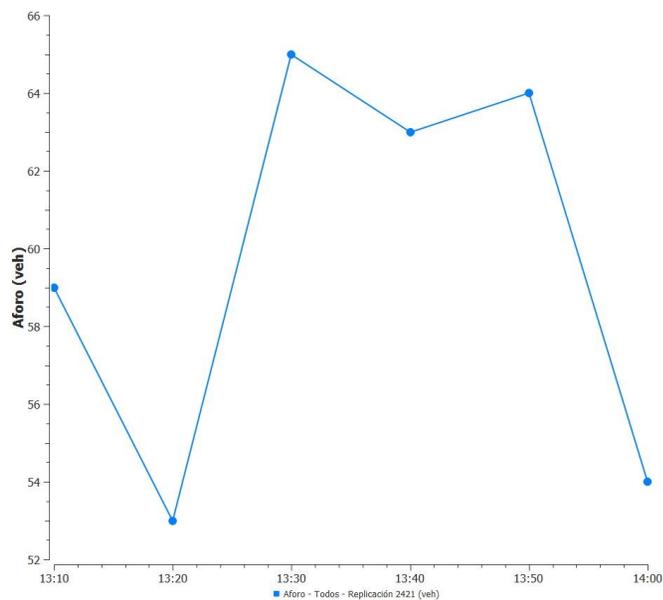
Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 2, E – O.



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 75 veh/h a las 13h20.

### Figura 69

*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 2, O – E.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 65 veh/h a las 13h20.

### Figura 70

*Modelo 3D Aimsun del tercer punto de control*

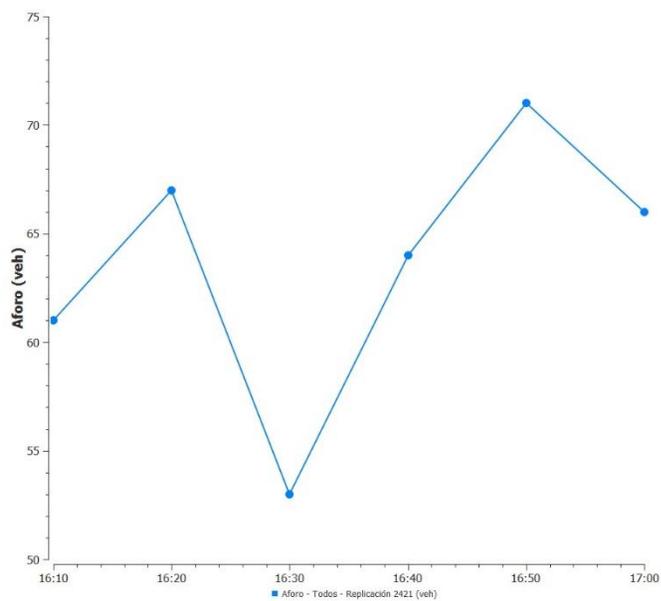


Nota. Vista en planta y 3D del P3 durante la simulación en escenario actual.

La micro simulación se llevó a cabo durante la hora pico de 16h00 a 17h00, que fue determinada previamente para esta intersección.

### Figura 71

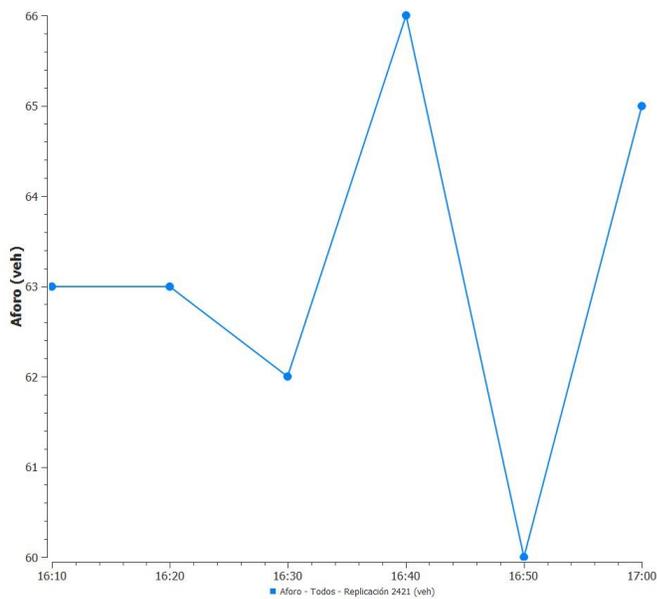
Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 3, E – O.



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 71 veh/h a las 16h50.

### Figura 72

*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 3, O – E.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 66 veh/h a las 16h40.

### Figura 73

*Modelo 3D Aimsun del cuarto y quinto puntos de control*

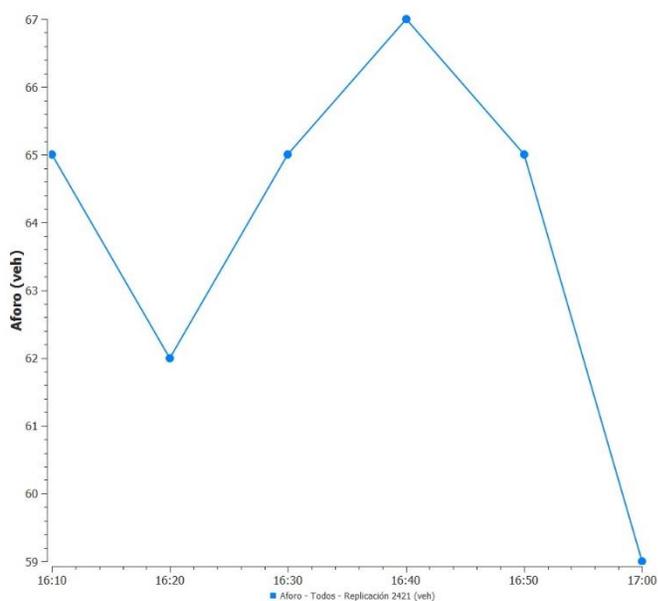


*Nota.* Vista en planta y 3D del P4 y P5 durante la simulación en escenario actual.

Para estos puntos de control se consideran dos horas pico; por una parte, se tiene un flujo de 06h00 a 07h00 que se ve afectada debido al ingreso del personal al B.E. 68 “COTOPAXI” y al B.E. 69 “CHIMBORAZO”, mientras que a la hora de salida del personal militar se genera otra hora pico de 16h00 a 17h00.

### Figura 74

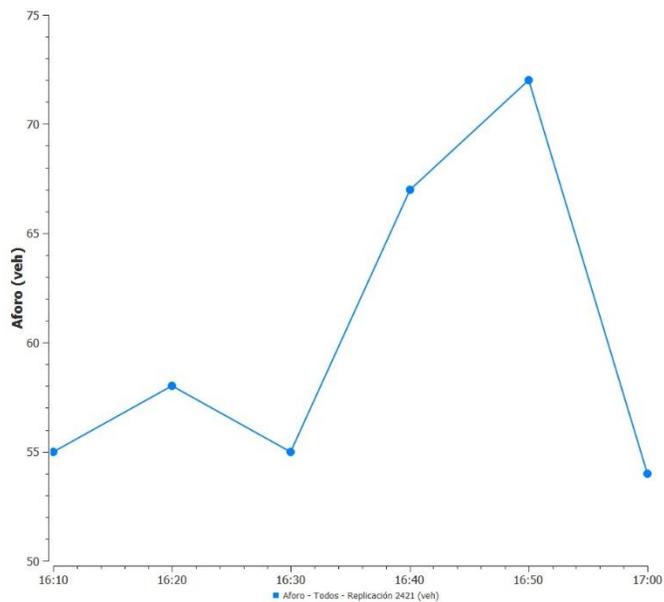
*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 4, O – E.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 67 veh/h a las 16h40.

### Figura 75

*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 5, E – O.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 72 veh/h a las 16h50.

### **Figura 76**

*Modelo 3D Aimsun del sexto punto de control*



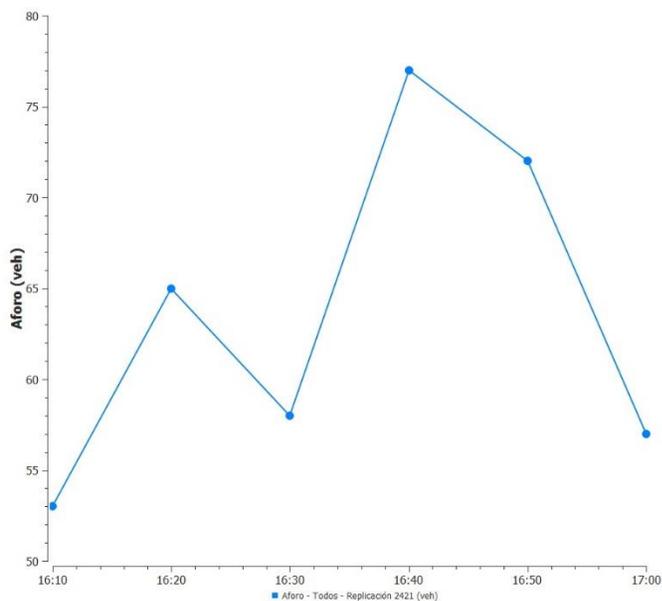
*Nota.* Vista en planta y 3D del P6 durante la simulación en escenario actual.

Al igual que los dos puntos de control anteriores, también es necesario considerar dos horas pico; por una parte, se tiene un flujo de 06h00 a 07h00 que se ve

afectada debido al ingreso del personal a la brigada mientras que a la hora de salida del personal militar se genera otra hora pico de 16h00 a 17h00.

### Figura 77

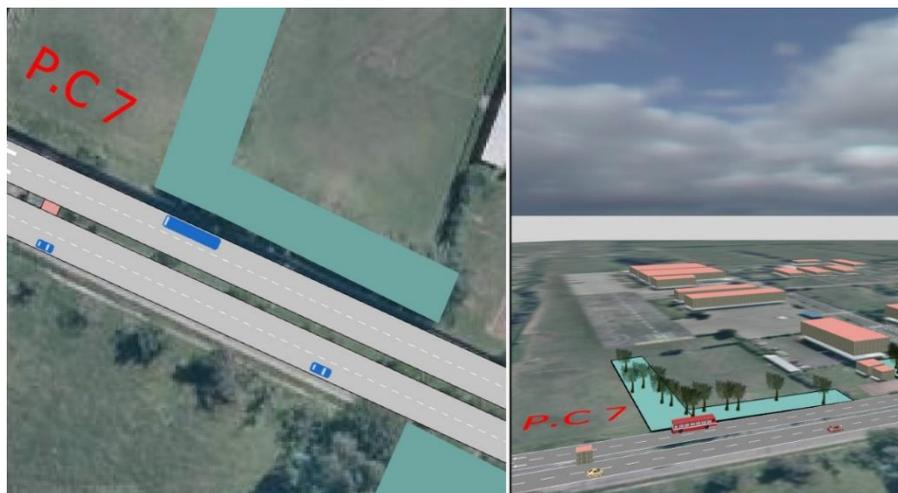
Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 6, E – O.



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 77 veh/h a las 16h40.

### Figura 78

Modelo 3D Aimsun del séptimo punto de control

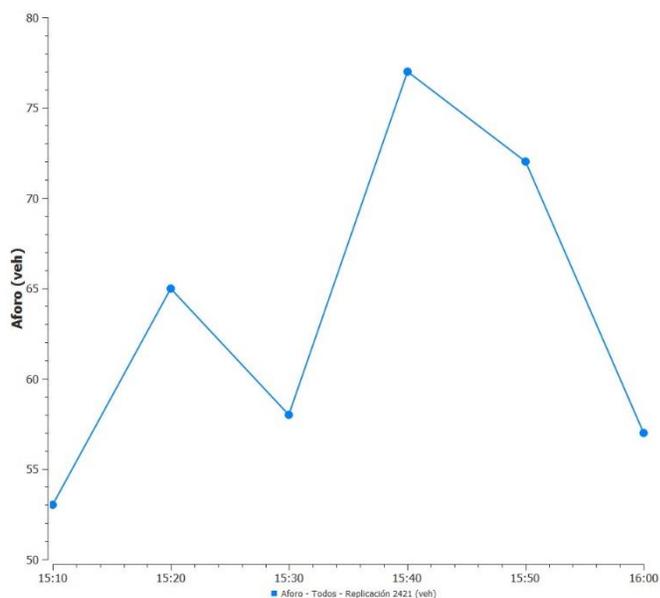


Nota. Vista en planta y 3D del P7 durante la simulación en escenario actual.

La micro simulación se llevó a cabo durante la hora pico de 15h00 a 16h00, que fue determinada previamente para esta intersección.

### Figura 79

*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 7, O – E.*



Nota. El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 77 veh/h a las 15h40.

### Figura 80

*Modelo 3D Aimsun del octavo punto de control*

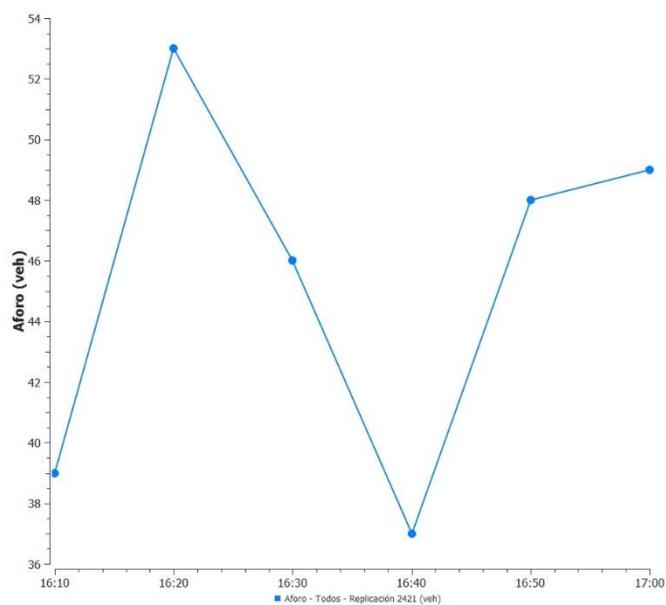


Nota. Vista en planta y 3D del P8 durante la simulación en escenario actual.

La micro simulación se llevó a cabo durante la hora pico de 16h00 a 17h00, que fue determinada previamente para esta intersección.

### Figura 81

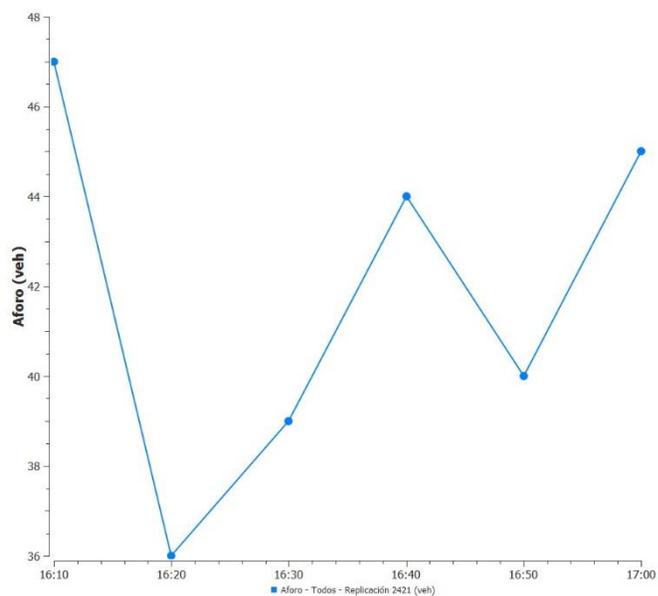
Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 8, S – N.



Nota. El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 53 veh/h a las 16h20.

### Figura 82

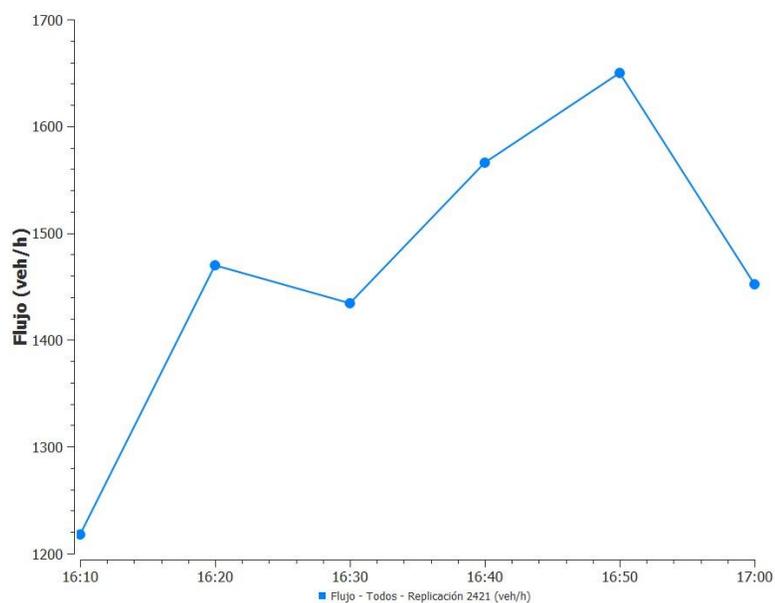
Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 8, N – S.



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 47 veh/h a las 16h10.

### Figura 83

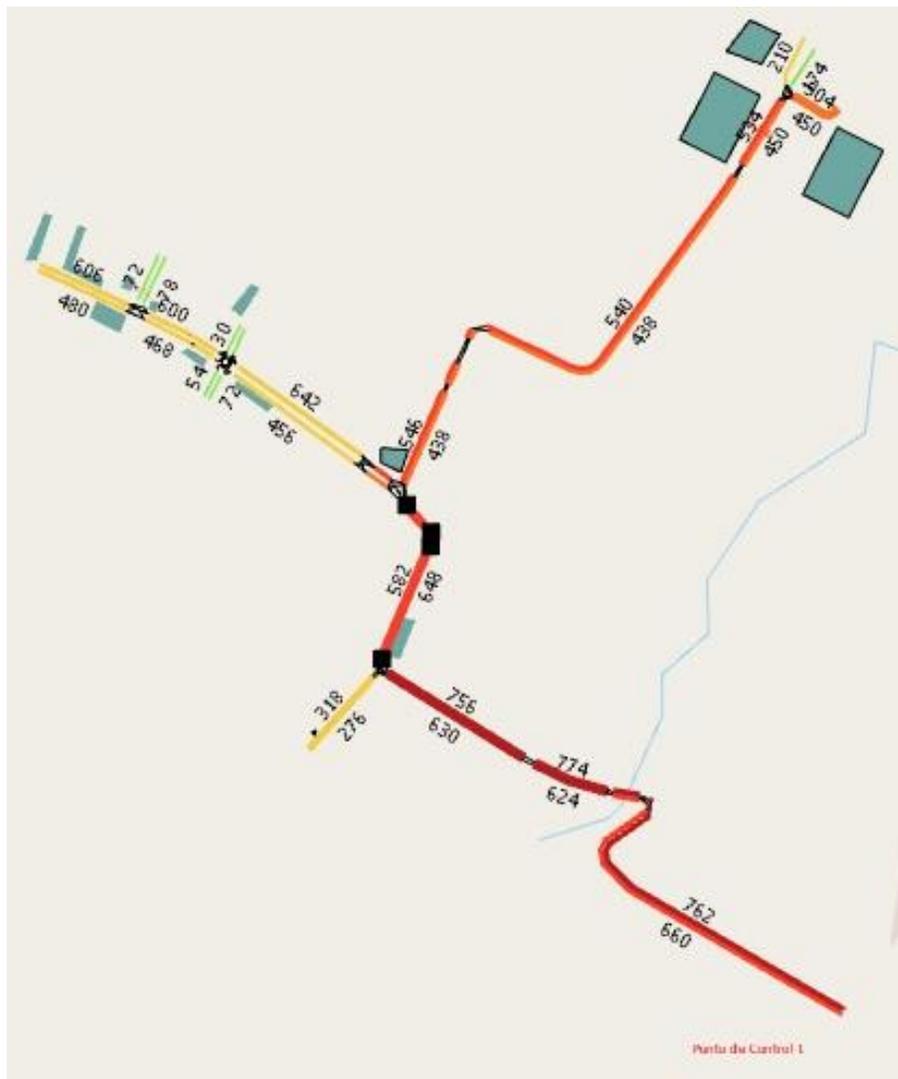
Cola media obtenida de la simulación en escenario real en Aimsun



## Escenarios futuros

**Figura 84**

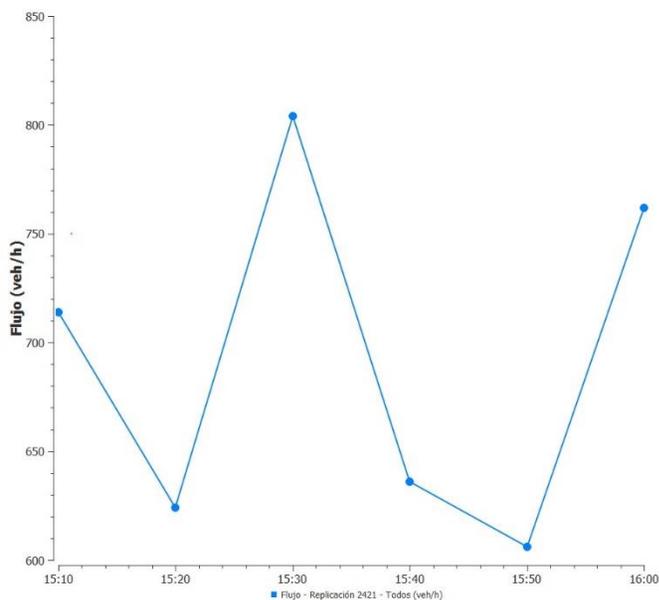
Modelación en Aimsun para escenarios futuros



*Nota.* Para este escenario se consideraron las condiciones geométricas actuales, pero con un tráfico futuro ocasionado por la tasa de crecimiento anual, así como también la implementación del Estadio de fútbol en el Complejo del Independiente del Valle.

### Figura 85

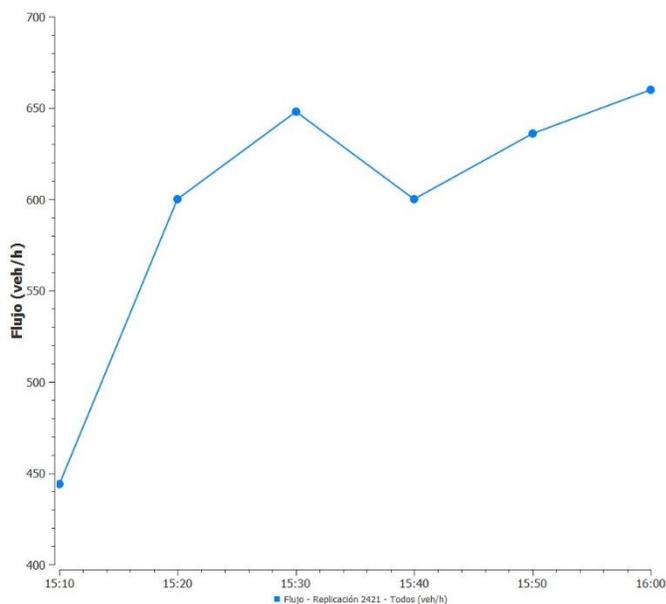
Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 1, E – O.



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 800 veh/h a las 15h30.

### Figura 86

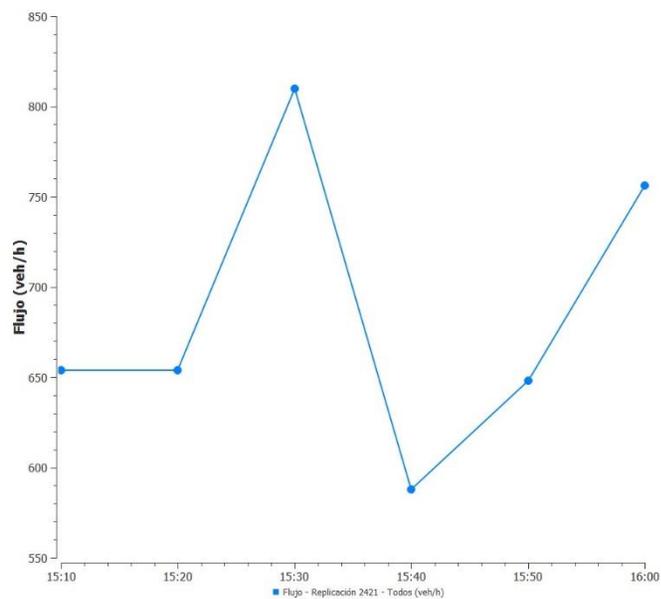
Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 1, O – E.



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 650 veh/h a las 15h30.

### Figura 87

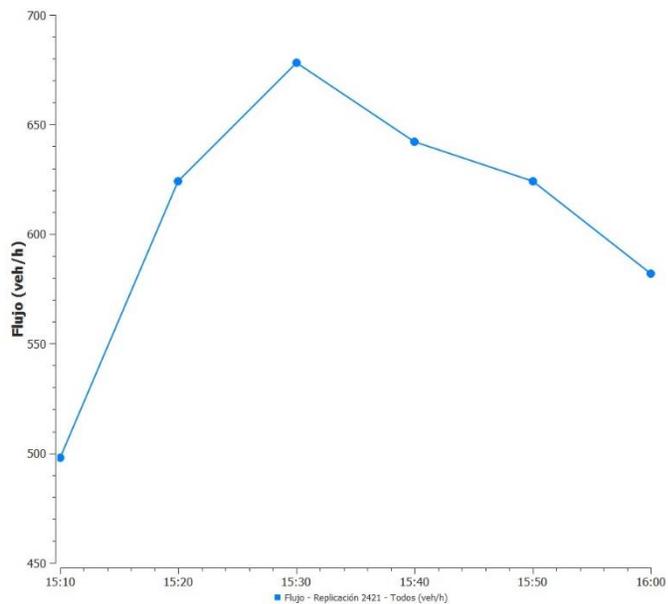
*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 2, E – O.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 810 veh/h a las 15h30.

### Figura 88

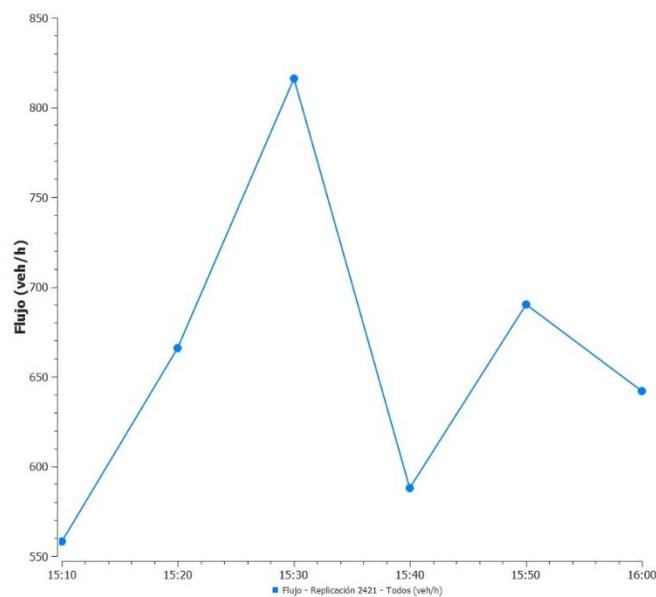
*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 2, O – E.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 810 veh/h a las 15h30.

### Figura 89

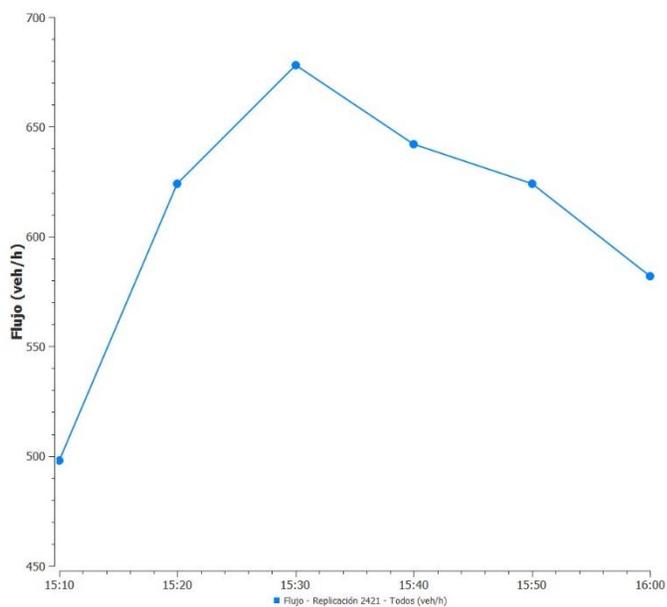
*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 3, E – O.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 810 veh/h a las 15h30.

**Figura 90**

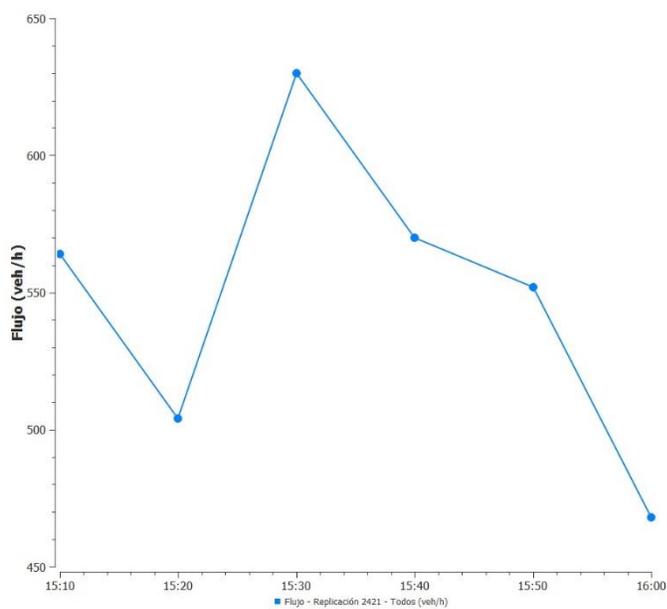
Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 3, O – E



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 680 veh/h a las 15h30.

**Figura 91**

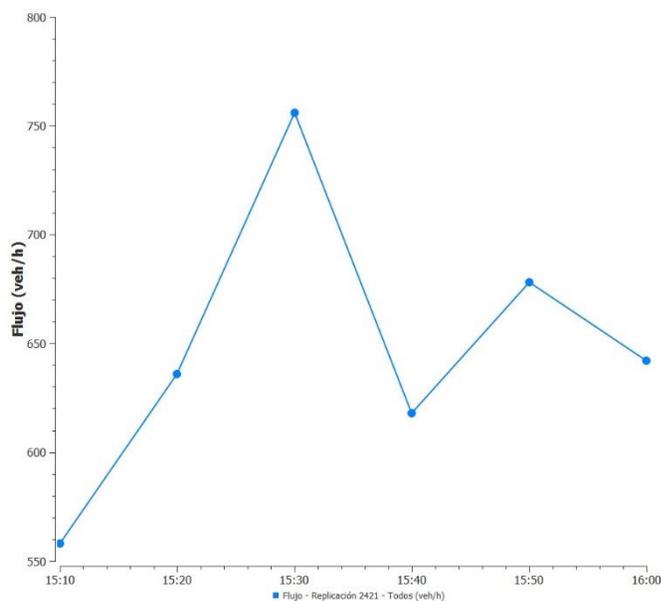
Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 4, O – E.



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 630 veh/h a las 15h30.

### Figura 92

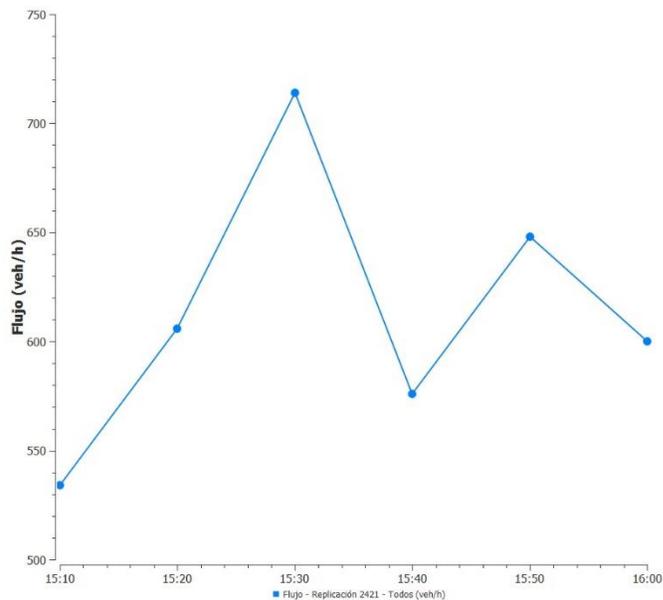
*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 5, E – O.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 760 veh/h a las 15h30.

### Figura 93

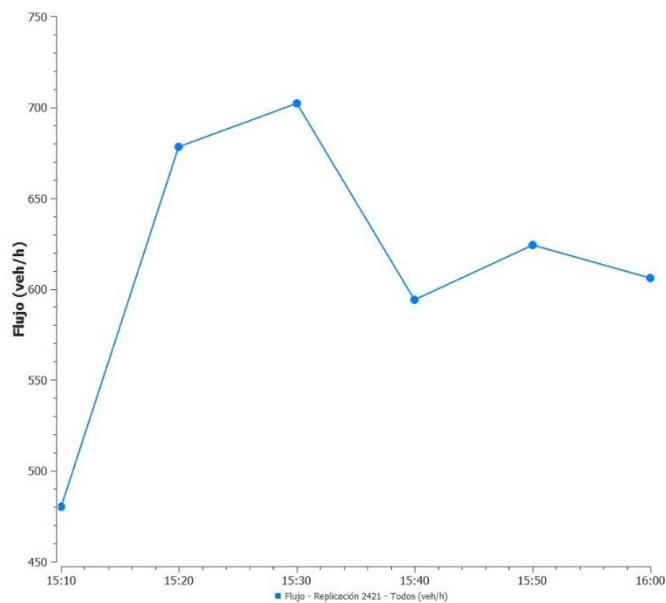
*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 6, E – O.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 760 veh/h a las 15h30.

#### Figura 94

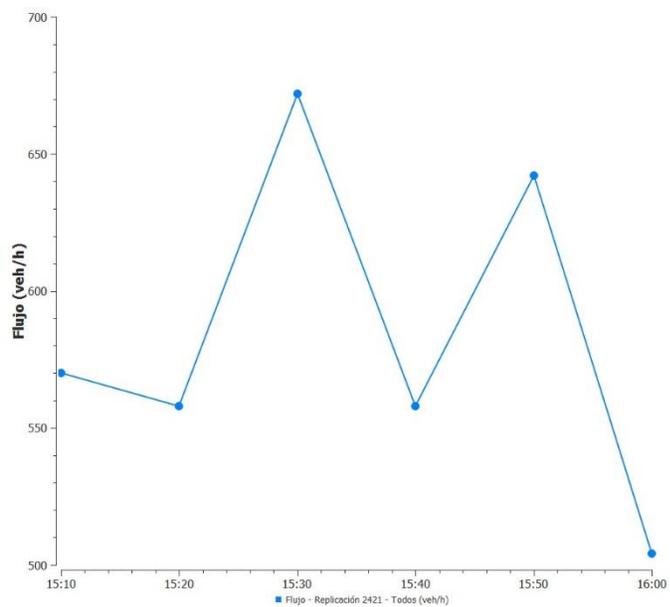
*Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 7, O – E.*



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 700 veh/h a las 15h30.

**Figura 95**

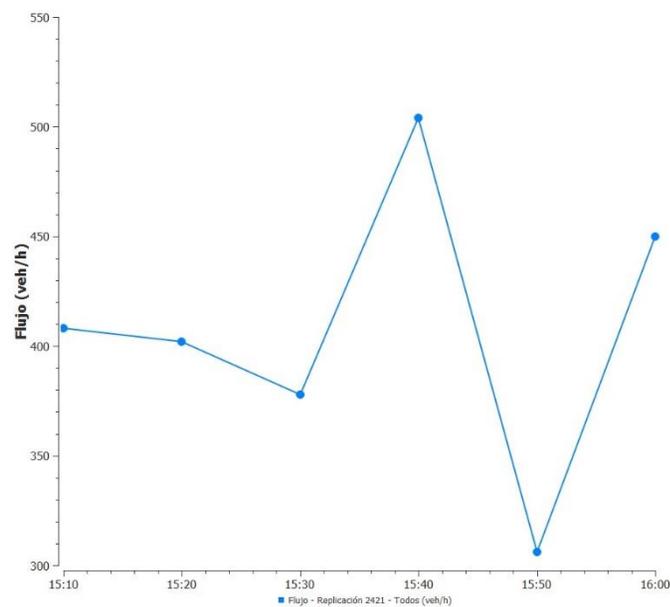
Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 8, S – N.



*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 670 veh/h a las 15h30.

**Figura 96**

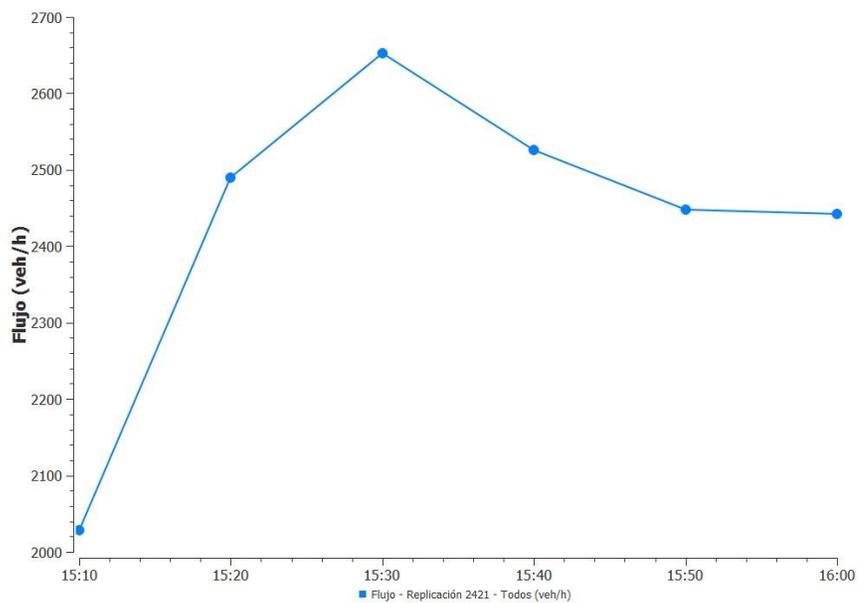
Resultados obtenidos de las series temporales en el Punto de Control 8, N – S.



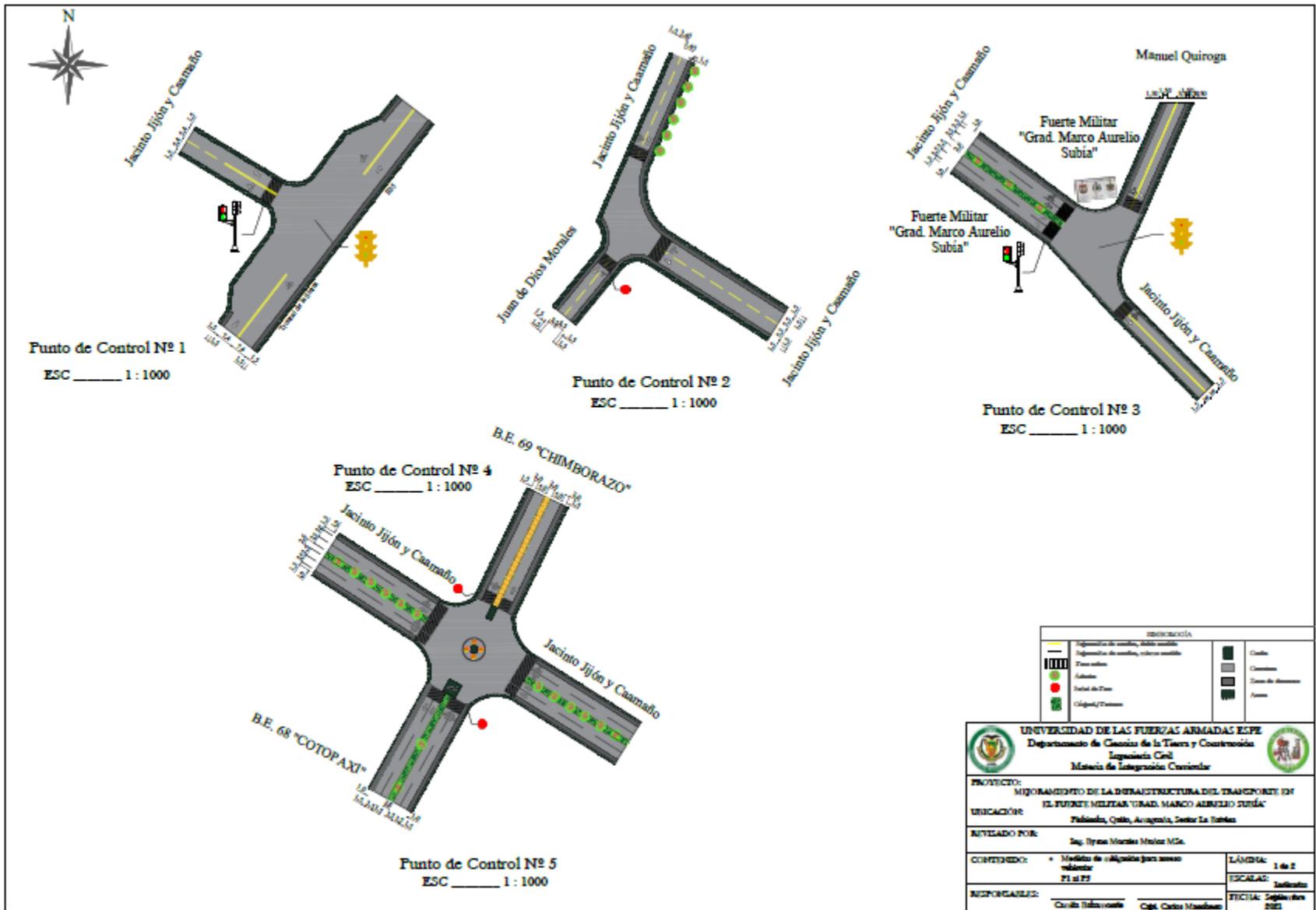
*Nota.* El Aforo vehicular presentado transcurre durante de una hora, llegando a una cantidad máxima de 500 veh/h a las 15h40.

### Figura 97

*Flujo medio obtenido de la simulación en escenario real en Aimsun*



### Medidas de mitigación para acceso vehicular



Simbología	
	Delimitación de carriles, doble sentido
	Delimitación de carriles, mismo sentido
	Paseo peatonal
	Arbolito
	Señal de Stop
	Calzadas/Trazados
	Ciudad
	Casceros
	Cerro de Montaña
	Asfalto

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE  
Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción  
Ingeniería Civil  
Materia de Integración Curricular

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL FUERTE MILITAR "GRAD. MARCO AURELIO SUBÍA"

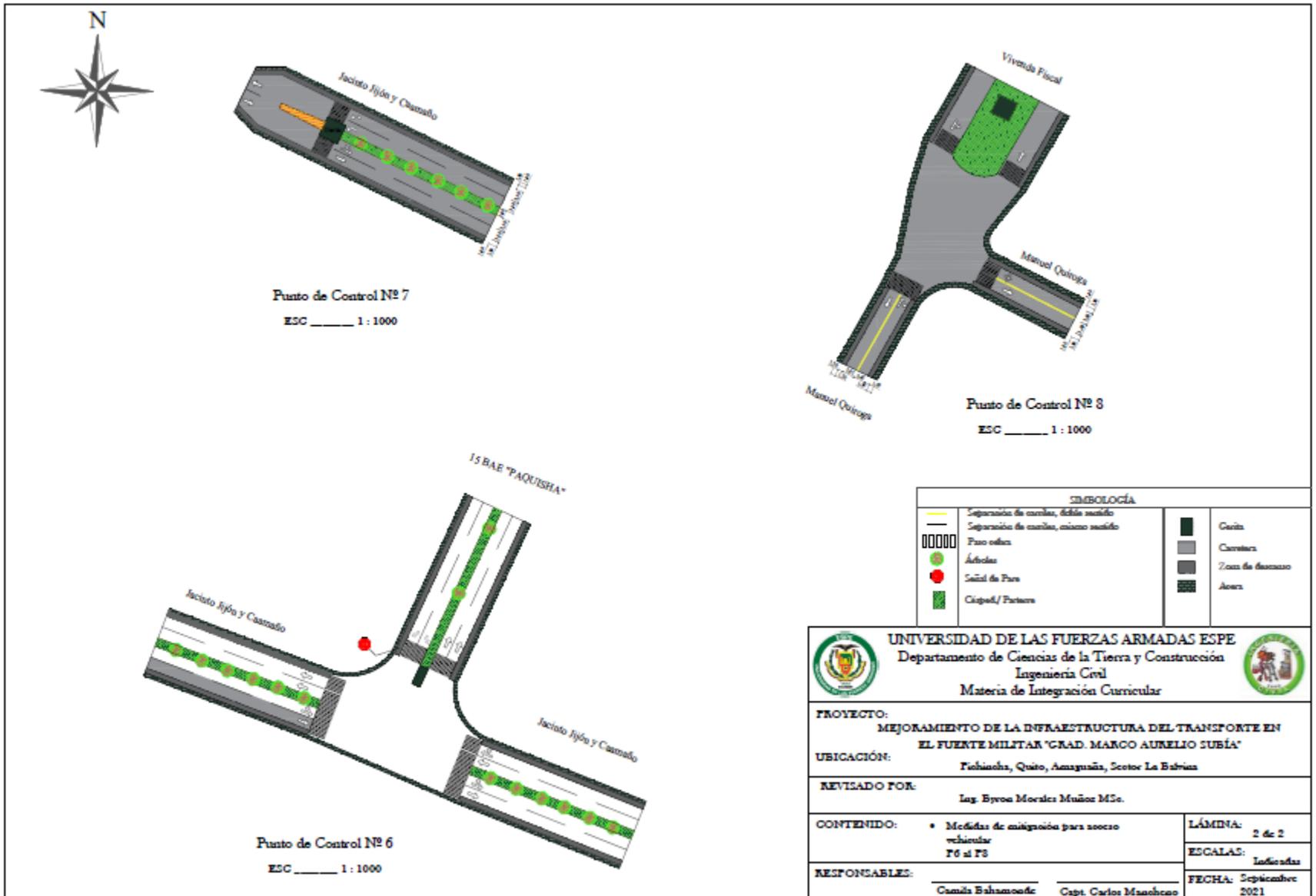
UBICACIÓN: Pabellón, Quito, Azuay, Sector La Tumbes

REVISADO POR: Ing. Byron Morales Muñoz MGA.

CONTENIDO: + Modificaciones sugeridas para acceso vehicular  
P1 al P5

RESPONSABLES: Civilds (Ingeniería)    Capi. Carlos Morales

LÁMINA: 1 de 2  
ESCALAS: Indefinidas  
FECHA: Septiembre 2023



## CAPÍTULO V

### Rehabilitación de las estructuras de pavimentos y estándares de mantenimiento vial

#### Solicitaciones del medio ambiente (precipitaciones, drenaje y clima), determinación de coeficientes de drenaje

##### Precipitaciones

El lugar en donde se encuentra el proyecto, es un sector con un índice de precipitación variado, es decir está expuesto a diferentes cambios en la precipitación a lo largo de todo el año, debido a la topografía y ubicación geográfica.

Según la página Weather Atlas, el mes más húmedo, es decir con la precipitación más alta es abril con 211 mm, el mes más seco es agosto, tiene la precipitación más baja con 41 mm (*Weather Atlas*, 2021).

#### Figura 98

*Precipitación de lluvia promedio en Amaguaña*

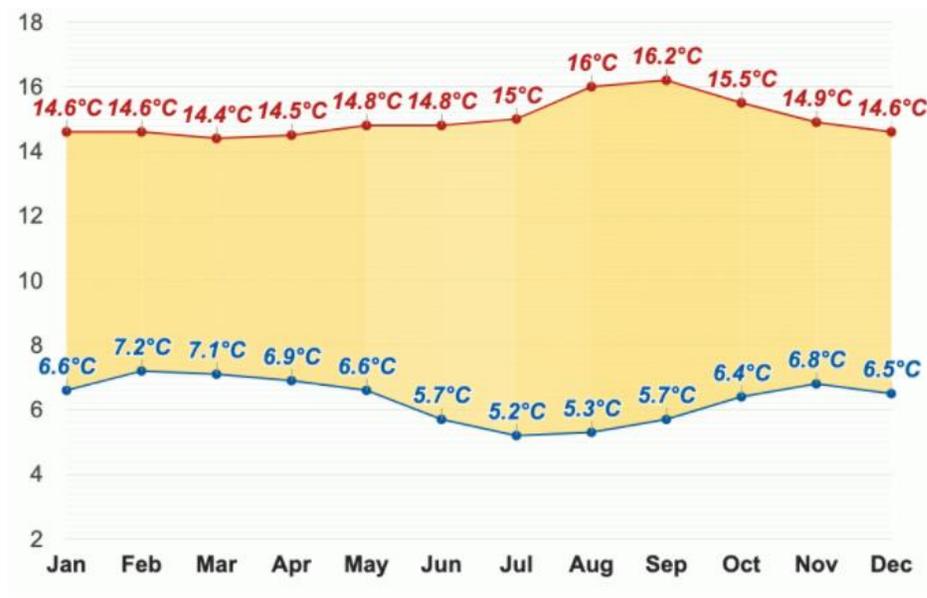


*Nota: El gráfico representa los datos registrados de precipitación en cada mes del año 2021 en Amaguaña*

El mes más cálido, con el máximo promedio de temperatura es septiembre con 16.2 °C, mientras que el promedio de temperatura más bajo es Julio con 5.2 °C.

**Figura 99**

*Temperatura media Amaguaña*



*Nota: Se presenta las diferentes temperaturas que existe en la zona por cada mes del año*

### **Ubicación del proyecto en función de las estaciones meteorológicas**

Para determinar la estación meteorológica cercana que está presente dentro del área de estudio se observa en el mapa de estaciones, cabe destacar que para el presente estudio se determina la estación M003 de la cual vamos a obtener los datos para el diseño.

**Figura 100**

*Ubicación de estaciones meteorológicas por cuencas hidrográficas del Ecuador*



Nota: Recuperado del INAMHI (2015).

De la estación meteorológica M003 se obtuvo los datos históricos de las precipitaciones máximas anuales de los registros tomados del INAMHI, para un periodo de 25 años corresponde una intensidad de lluvia diaria máxima  $I_{dtr} = 2.57 \text{ mm/h}$  (INAMHI, 2015).

**Tabla 60**

*Intensidades máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno*

Código	Estación	X	Y	Z	Serie de Datos	Nº DE AÑOS	T R 2	T R 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
--------	----------	---	---	---	----------------	------------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

					196							
<b>M003</b>	IZOBA	7727	9959434.	30	4-	47	1.	2.	2.7	2.5	2.7	3.0
	MBA	01.7	98164	58	201		68	03	7	7	9	1
		8480				1						

*Nota: Recuperado de (INAMHI, 2015)*

INAMHI, 2015 establece la siguiente ecuación para el cálculo de la intensidad máxima de precipitación, para un intervalo de concentración de 5 minutos sobre la estación M003 que se utilizó en este proyecto.

$$I_{TR} = 78.451 * Id_{TR} * tc^{-0.239}; 5 \text{ min} < 24.10 \text{ min}$$

$$\therefore I_{TR} = 78.451 * 2.57 * 5^{-0.239} = 137.24 \text{ mm/h}$$

### **Caudal calculado según el método Racional**

Este sencillo y difundido método se basa en la transformación de una precipitación con intensidad  $I$  (que empieza en forma instantánea y continúa de forma indefinida) a una esorrentía que continuará hasta que se alcance el tiempo de concentración ( $T_c$ ), momento en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo (HIDROPLAN, 2015).

Un método adecuado y ampliamente utilizado para estimar el caudal máximo en cuencas pequeñas, que no excedan a 400 Ha, es el denominado “Método Racional” el cual permite determinar el caudal en función de los datos de precipitación pluvial en el lugar, del área de la cuenca, de la topografía y del tipo de suelo (MTOPI, 2003b)

El método se expresa por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q: caudal o gasto de la vía en  $m^3/s$

C: coeficiente de esorrentía

I: Intensidad de lluvia (mm/h), para una duración igual al tiempo de concentración

A: Área de la cuenca de drenaje, en Ha.

La intensidad de la lluvia es requerida al valor medio y al tiempo de duración de la misma. Cuando se cuenta con registros completos tomados en una estación, es posible disponer en mediciones de intensidades de lluvia y su duración; pero, en ocasiones, no es posible disponer de esta información, siendo necesario efectuar extrapolaciones de

los datos obtenidos, desde una estación a otra, inmediatamente cercana, donde no existen.

Para este proyecto se tiene la conformación de 3 tramos

**Tabla 61**

*Longitudes de los tres tramos del proyecto*

Tramo	Longitud (m)	Pendiente promedio	Pendiente máxima
Tramo 1	931,2	0,8	1,2
Tramo 2	599,5	1,2	1,7
Tramo 3	1226,0	4,8	13,4

A continuación, se puede obtener los valores del caudal que corresponde a cada uno de los tramos del proyecto.

Cálculo del caudal para el tramo 1:

Parámetros de diseño

- Pavimento asfáltico
- Período de retorno 25 años
- Longitud 931,2 metros
- Ancho de calzada=3.5 metros

$$Q_p = \frac{C_{pavimento} * I * (b_{pavimento} * I)}{3.60}$$

$$Q_p = \frac{0.85 * 137.24 * \left(\frac{3.5 * 931.2}{1000^2}\right)}{3.6} = 0.11 \frac{m^3}{s}$$

Para el segundo tramo de estudio se tiene el caudal que es generado por el área de la calzada.

Parámetros de diseño

- Pavimento asfáltico
- Período de retorno 25 años
- Longitud 599.5 metros
- Ancho de calzada=3.0 metros

$$Q_p = \frac{C_{pavimento} * I * (b_{pavimento} * I)}{3.60}$$

$$Q_p = \frac{0.85 * 137.24 * \left(\frac{3.0 * 599.5}{1000^2}\right)}{3.6} = 0.1 \frac{m^3}{s}$$

Para el tercer tramo de estudio se tiene el caudal que es generado por el área de la calzada y por un pequeño talud, es por esto que la fórmula para obtener el caudal varía.

Según el MTOP, 2013 el derecho de vía es de 25 m, en el tercer tramo el ancho de la calzada es de 3.5 m, el ancho del talud se calcula de la siguiente manera:

Ancho de talud

$$= \text{derecho de vía} - \text{ancho de carril} - \text{cuneta} - \text{parterre} - \text{berma} - \text{bordillo}$$

$$\text{Ancho de talud} = 25 - 3.5 - 1.5 - 1.2 - 1.6 - 0.2 = 17.5 \text{ m}$$

### Coefficiente de escorrentía

Es fundamental para el diseño el coeficiente de escorrentía del área que afecta al caudal de la cuneta, según del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (2015) se calcula un valor entre 0.80 a 0.90 para una superficie de escurrimiento de una estructura de pavimento asfáltico, para el presente proyecto se utilizó un coeficiente  $C=0.85$ .

### Figura 101

Coefficiente de escorrentía

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPECIABLE
		50%	20%	5%	1%	
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
HIERBA, 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

*Nota: Tomado del Ministerio de Transportes y Obras Públicas*

Parámetros de diseño

- Pavimento asfáltico
- Período de retorno 25 años
- Longitud 1226.0 metros
- Ancho de calzada=3.5 metros

$$Q_p = \frac{C_{pavimento} * I * (b_{pavimento} * I)}{3.60} + \frac{C_{talud} * I * (b_{talud} * I)}{3.60}$$

$$Q_p = \frac{0.85 * 137.24 * \left(\frac{3.5 * 1226}{1000^2}\right)}{3.6} + \frac{0.85 * 137.24 * \left(\frac{17.5 * 1226}{1000^2}\right)}{3.6}$$

$$Q_p = 0.139 + 0.69 = 0,83 \frac{m^3}{s}$$

## **Drenaje**

El drenaje de una carretera busca eliminar el exceso de agua superficial sobre la franja de la vía, restituir la red de drenaje natural, la cual puede verse afectada por el trazado y evitar que el agua subterránea pueda comprometer la estabilidad de la base, de los terraplenes y cortes del camino (Alvarez and Calle, 2012).

Las solicitaciones en los tres tramos del proyecto son diferentes:

El primer tramo, comprende la Av. Manuel Quiroga desde la entrada a la Vivienda Fiscal “La Balvina” hasta su intersección con la Av. Jacinto Jijón y Caamaño, debido a que en esta zona se pudo evidenciar que existe retención de agua en la superficie ya que no cuenta con drenes ni subdrenes que permitan que el agua siga con su recorrido, se tomó la decisión de incorporar un sistema de drenaje llamado “dren francés”.

Un dren francés es básicamente una zanja rellena principalmente de material drenante, se disponen de tubos drenantes, estos pueden ser; perforados, de material poroso o con juntas abiertas.

En ocasiones se omiten los tubos de drenaje, en cuyo caso la parte inferior de la zanja queda completamente rellena del material drenante, constituyéndose así el denominado dren francés, es importante mencionar que en esta clase de drenes el material que ocupa la zanja es de piedra gruesa. Cuando existe peligro de migración del suelo, que rodea la zanja hacia el interior de la misma, se deberá disponer de un filtro normalmente geotextil, protegiendo con esto el material drenante.

### Figura 102

*Partes de un dren francés*



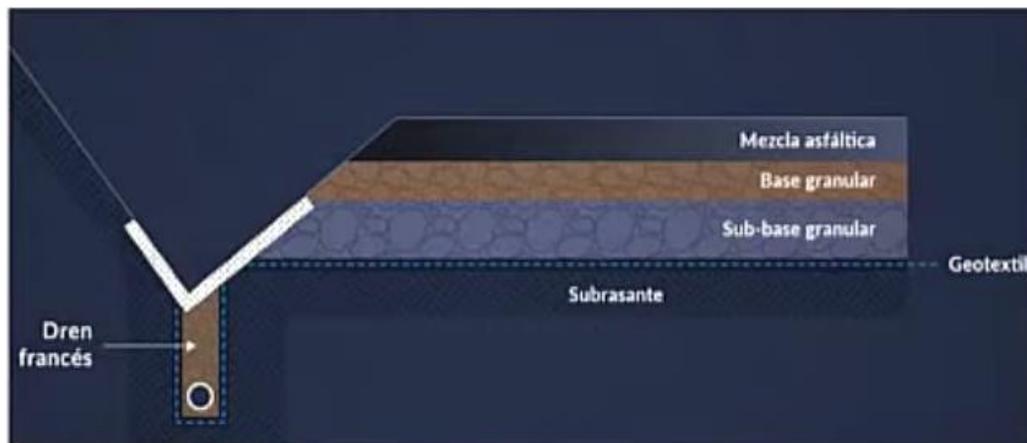
*Nota: Recuperado de (Abellán, 2016)*

#### Proceso constructivo del Dren Francés

1. Excavación de la zanja de acuerdo a las especificaciones técnicas, necesita una inclinación del 1%.
2. Instalación del geotextil, se colocará cubriendo la mayor parte de la zanja
3. Se coloca el agregado grueso (grava), altura entre 5 y 7 cm
4. Se coloca una tubería, la misma que debe estar perforada
5. Una vez colocada la tubería, se procede nuevamente a colocar una capa de agregado grueso (grava) de 7 a 12 cm
6. Se coloca nuevamente el geotextil, formando con esto una fina cubierta en la capa superior del material drenante

**Figura 103**

*Detalle de la composición del dren francés*



*Nota: Recuperado de medios digitales*

Para el segundo tramo del proyecto que comprende la sección de la Av. Jacinto Jijón y Caamaño dentro del Fuerte Militar “GRAD. Marco Aurelio Subía”, en este sector, debido a que su topografía es casi regular se determinó que los sumideros que existen en este lugar son suficientes con el fin de interceptar las aguas de escorrentías antes de que alcance las zonas peatonales, reductores de velocidad, cunetas, puntos bajos y depresiones.

Para el tercer tramo del proyecto que comprende la Av. Jacinto Jijón y Caamaño desde la entrada al Fuerte Militar hasta la intersección con la Carretera Panamericana E35, en este sector se pudo evidenciar un nivel freático elevado, por lo que vamos a considerar el diseño de una cuneta con el objeto de captar, conducir, y evacuar en forma adecuada los flujos de agua superficial.

Se define las dimensiones de la cuneta siguiendo las especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2003), para cunetas triangulares el talud interior que es adyacente a la calzada debe tener mínimo una relación de 3H:1V y como recomendación 4H:1V y para el talud exterior debe poseer la misma inclinación del talud de corte; las dimensiones mínimas para el diseño de una cuneta triangular son de 15

cm de altura y 60 cm de ancho, se iniciará el diseño con estas dimensiones y a continuación se verificará si esta sección es adecuado y óptima para el tirante de agua. Conforme a Sandoval (2020) para el cálculo por el método analítico se despeja la ecuación de Manning en función de la altura  $h$ , utilizando el resultado del caudal máximo calculado del proyecto, se tiene:

$$m_1 = \frac{Z_1}{h_1} = \frac{0.60}{0.20} = 3.00$$

$$m_2 = \frac{Z_2}{h_2} = \frac{0.20}{0.20} = 1.00$$

$$S = \frac{(m_1 + m_2) * h^2}{2} = \frac{(3 + 1) * h^2}{2} = 2h^2$$

$$P = h * (\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2})$$

$$P = h * (\sqrt{1 + 3^2} + \sqrt{1 + 1^2}) = 4.58h$$

$$R = \frac{S}{P} = \frac{(m_1 + m_2) * h}{2 * (\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2})} = \frac{2h^2}{4.58h} = 0.44h$$

$$Q_{\text{máxima del proyecto}} = \frac{J^{1/2} * R_H^{2/3} * S}{n}$$

El coeficiente de rugosidad “n” para estructuras de hormigón según el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (2015) se mantiene en un intervalo de 0.014 a 0.017, para este proyecto se utilizará un valor de 0.015.

Para el tercer tramo se tiene:

$$0.83 = \frac{5.5^{1/2}}{100} * (0.44 * h)^{2/3} * (2 * h^2) \\ 0.015$$

$$h = 0.31 \text{ m}$$

A continuación, vamos a verificar que el caudal de diseño sea mayor al caudal calculado

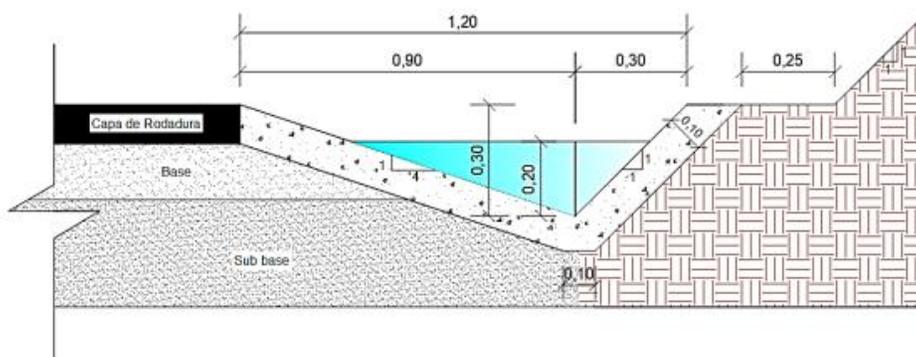
$$Q_p < Q_d$$

$$0.83 < \frac{5.5^{1/2}}{100} * (0.44 * 0.31)^{2/3} * (2 * 0.31^2) \\ 0.015$$

$$0.83 < 0.85 \quad \therefore OK$$

**Figura 104**

*Geometría de diseño de cuneta triangular*



*Nota: Tomado de (Quishpe, 2021)*

### **Clima**

El clima del sitio del proyecto bordea los 17 y 18 °C, esto acorde al plan de desarrollo y de ordenamiento territorial de la parroquia Amaguaña, actualizado en el 2015. La zona se caracteriza por tener un clima frío, corresponde al tipo interandino ecuatorial húmedo, y precipitaciones intensas (Elizalde and Loor, 2018).

### **Coefficiente de drenaje**

La precipitación promedio es de 206,9 mm. Existen dos temporadas lluviosas más representativas que son: la primera en el mes de marzo y la segunda en el mes de noviembre. Además, se presenta una estación seca entre julio y agosto, y una estación húmeda en diciembre.

$$\% \text{ drenaje} = \frac{206.9}{365} * 100$$

$$\% \text{ drenaje} = 56.68$$

### **Tabla 62**

*Valores de mi para modificar los coeficientes estructurales o de capa de bases y sub bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles*

Capacidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1 a 5%	5 a 25%	Más del 25%
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

*Nota: Tomado de (AASHTO, 1993)*

Para este proyecto se utilizó una calidad de drenaje regular, con un porcentaje del tiempo de pavimento expuesto a humedades de más del 25%, finalmente para el coeficiente de drenaje (mi) para las capas granulares de la estructura de pavimento flexible se ocupará un valor de  $m_2=0.80$  y  $m_3=0.80$

### **Análisis y valoración del tipo de subrasante, determinación del CBR de diseño**

Para el correcto análisis del CBR, mediante un ensayo de compactación se pudo obtener la humedad óptima de la subrasante, los resultados de este proceso se detallan en la tabla 5, valor inicial para comprobar la resistencia a corte de la muestra de suelos existente en la zona de nuestro proyecto.

Para el primer tramo se tiene lo siguiente:

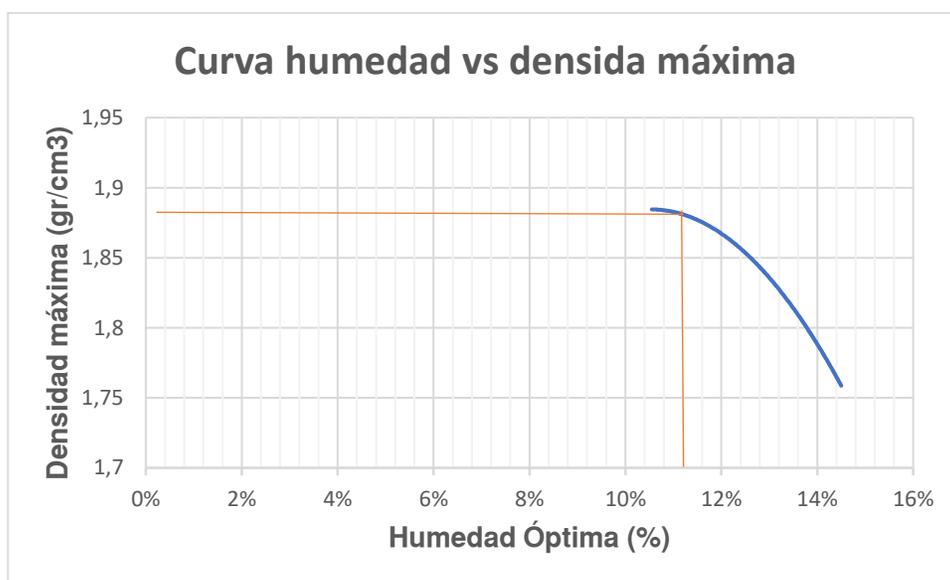
**Tabla 63**

Resultados de compactación, tramo 1

<i>Calicata</i>	<i>Humedad óptima (%)</i>	<i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i>
1	14,50	1,739
2	14,30	1,815
3	10,55	1,925
4	12,15	1,8

**Figura 105**

Curva Humedad vs Densidad máxima, tramo 1



De acuerdo a la figura 105, en el primer tramo se obtuvo una humedad óptima del 11 % con una densidad máxima de 1.88, estos resultados sirven para la preparación de la muestra y la realización del ensayo CBR, el cual se detalla en la tabla 64.

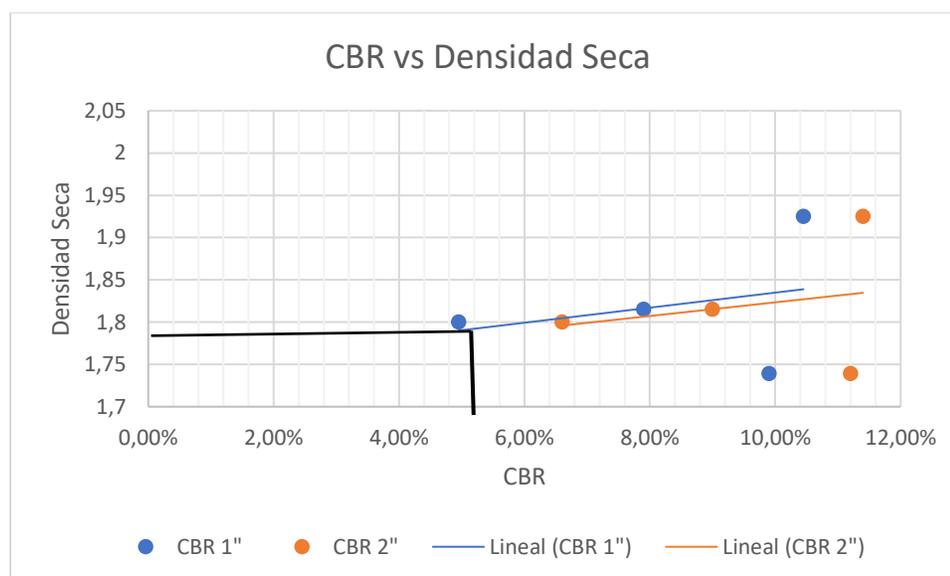
**Tabla 64**

Resultados CBR, tramo 1

Densidad Seca	CBR 1''	CBR 2''
1,739	9,90	11,20
1,815	7,90	9,00
1,925	10,45	11,40
1,8	4,95	6,60

**Figura 106**

*Curva de diseño CBR, tramo 1*



De esta manera se obtiene un CBR=5,7, categorizando a la subrasante para el primer tramo, como un S1, según el Capítulo 5 de "Diseño de pavimentos flexibles" desarrollado por el Ministerio de obras públicas y comunicaciones.

Para el segundo tramo se tiene lo siguiente:

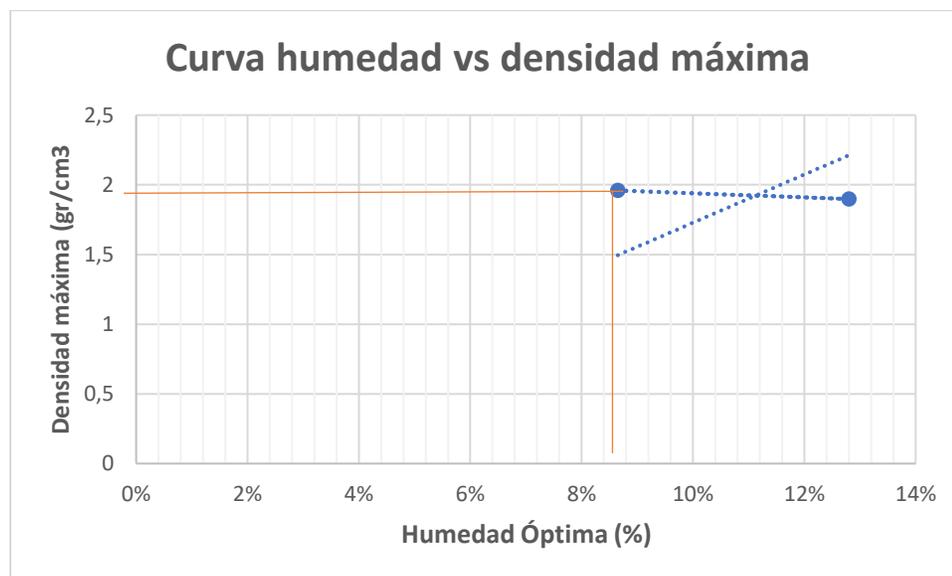
**Tabla 65**

*Resultados de compactación, tramo 2*

<b>Calicata</b>	<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
5	14,50	1,739
6	14,30	1,815

**Figura 107**

*Curva Humedad vs densidad máxima, tramo 2*



De acuerdo a la figura 107, en el segundo tramo se obtuvo una humedad óptima del 9 % con una densidad máxima de 1.9, estos resultados nos sirven para la preparación de la muestra y la realización del ensayo CBR, el cual se detalla en la tabla 66.

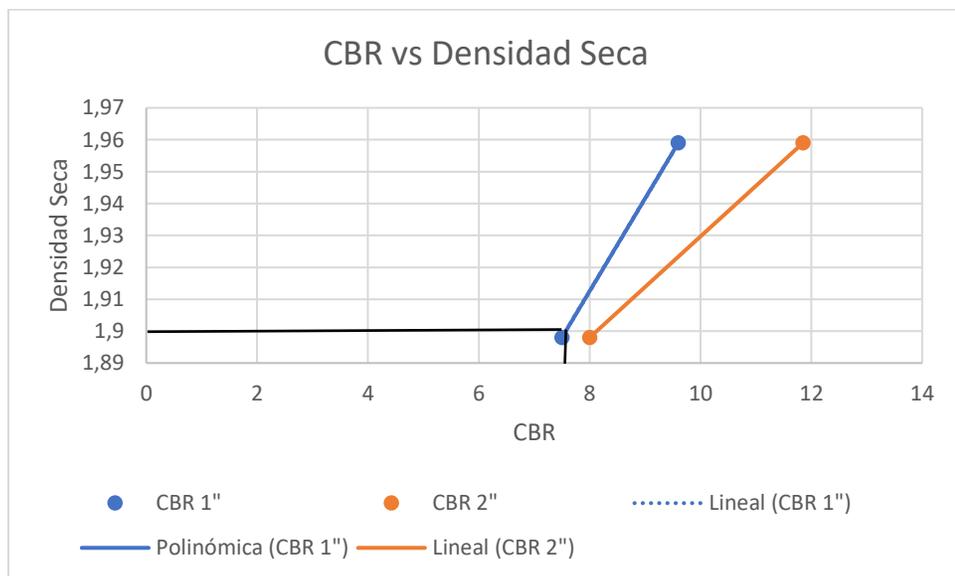
**Tabla 66**

*Resultados CBR, tramo 2*

<b>Densidad Seca</b>	<b>CBR 1''</b>	<b>CBR 2''</b>
1,898	7,50	8,00
1,959	9,60	11,85

**Figura 108**

Curva de diseño CBR, tramo 2



De esta manera se obtiene un CBR=7,5, categorizando a la subrasante para el segundo tramo, como un S1, según el Capítulo 5 de “Diseño de pavimentos flexibles” desarrollado por el Ministerio de obras públicas y comunicaciones.

Para el tercer tramo se tiene lo siguiente:

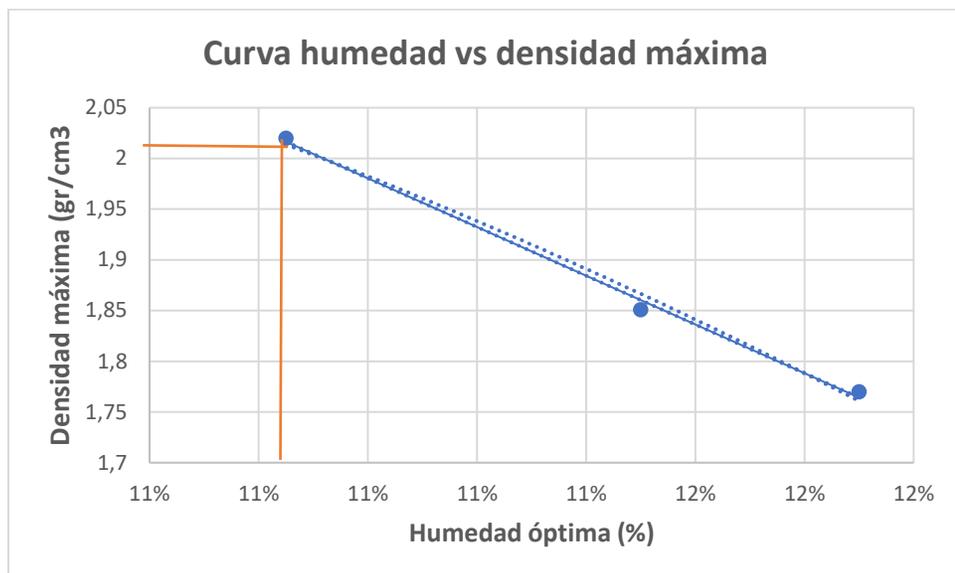
**Tabla 67**

Resultados de compactación, tramo 3

<b>Calicata</b>	<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
7	10,85	2,02
8	11,50	1,851
9	11,90	1,77

**Figura 109**

Curva Humedad vs Densidad máxima, tramo 3



De acuerdo a la figura 109, en el primer tramo obtuvimos una humedad óptima del 11 % con una densidad máxima de 2.03, estos resultados nos sirven para la preparación de la muestra y la realización del ensayo CBR, el cual se detalla en la tabla 68.

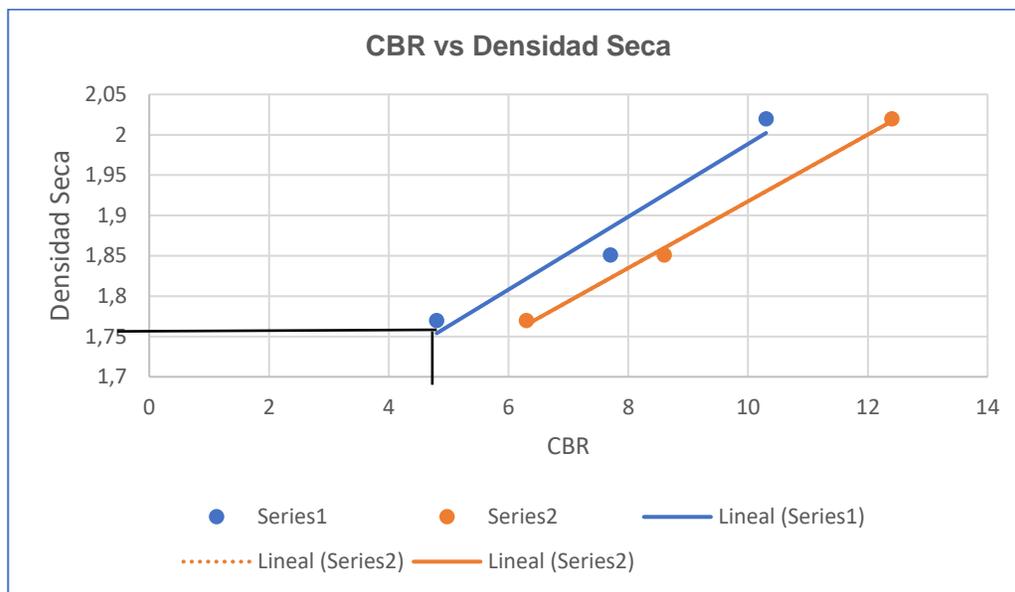
**Tabla 68**

*Resultados CBR, tramo 3*

Densidad Seca	CBR 1''	CBR 2''
2,02	10,3	12,40
1,851	7,70	8,60
1,77	4,80	6,30

**Figura 110**

*Curva de diseño CBR, tramo 3*



De esta manera obtenemos un CBR=5, categorizando a la subrasante para el tercer tramo, como un S1, según el Capítulo 5 de “Diseño de pavimentos flexibles” desarrollado por el Ministerio de obras públicas y comunicaciones.

**Tabla 69**

*Valores de CBR de la subrasante para cada tramo*

Tramo	CBR	Clasificación
1	5.7%	S1
2	7.5%	S1
3	5	S1

Una vez obtenido los resultados, podemos manifestar que los ensayos de materiales determinaron que la mayor parte del suelo de la subrasante tiene la característica de no plástico, que pertenece a la categoría S1 (en base a las especificaciones técnicas), y que su CBR es menor a 10%, por lo cual no es apto como material de subrasante.

## **Análisis y valoración de parámetros de resistencia de las diversas capas (coeficientes estructurales y correlación de módulos de resiliencia)**

### **Coeficientes Estructurales**

Son coeficientes que están relacionados con parámetros resistentes en bases granulares, subbases granulares, bases tratadas con asfalto y bases tratadas con cemento. De acuerdo a estos coeficientes, se procede al diseño de un paquete estructural para un pavimento flexible

#### ***Módulo resiliente de la subrasante***

De acuerdo a la guía ASSHTO 93, el valor del módulo elástico llamado en este tipo de diseño como módulo resiliente efectivo (MR) este es el parámetro que caracteriza al material de fundación. El módulo de resiliencia es el valor de la resistencia de la subrasante, para esto se ocupa las relaciones entre CBR y este módulo (Burgos, 2014)

En el presente proyecto vamos a utilizar un CBR=7.6% dado que es el valor más crítico encontrado según los resultados, se utiliza la siguiente ecuación encontrado según los resultados de los ensayos, se utiliza la siguiente ecuación tomada de la guía AASHTO (1993) con valores de CBR de la sub rasante mayores al 7.20% pero menores o iguales a 20%

$$M_r = 2555 * CBR^{0.64}$$

$$M_r = 2555 * 7.6^{0.64}$$

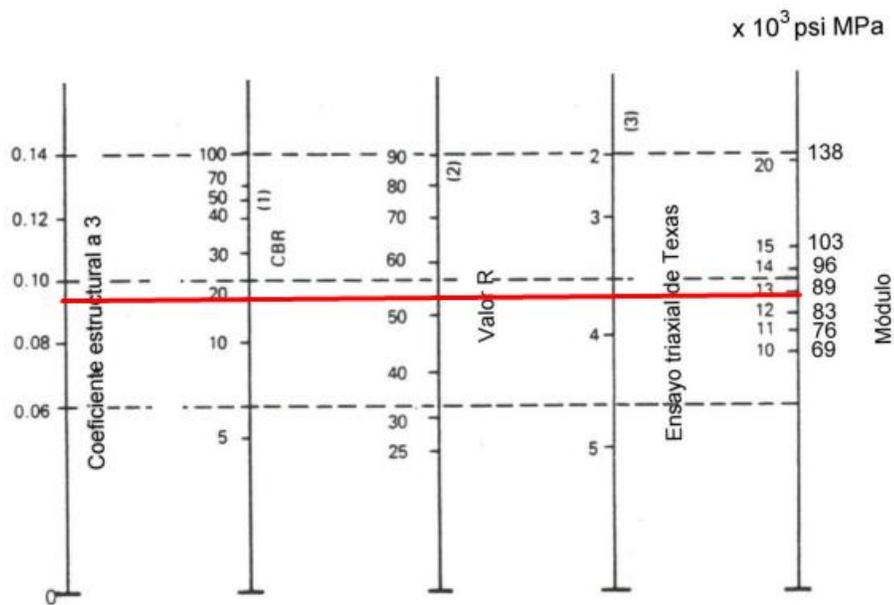
$$M_r(psi) = 9356.46$$

#### ***Módulo resiliente de la sub base***

Se muestra la correlación existente entre el módulo de elasticidad y el coeficiente estructural de la sub base, para este caso el módulo de elasticidad es de 12 500 psi.

### **Figura 111**

*Ábaco para estimar el número estructural de la sub base granular a3*



Nota: Recuperado de (AASHTO, 1993)

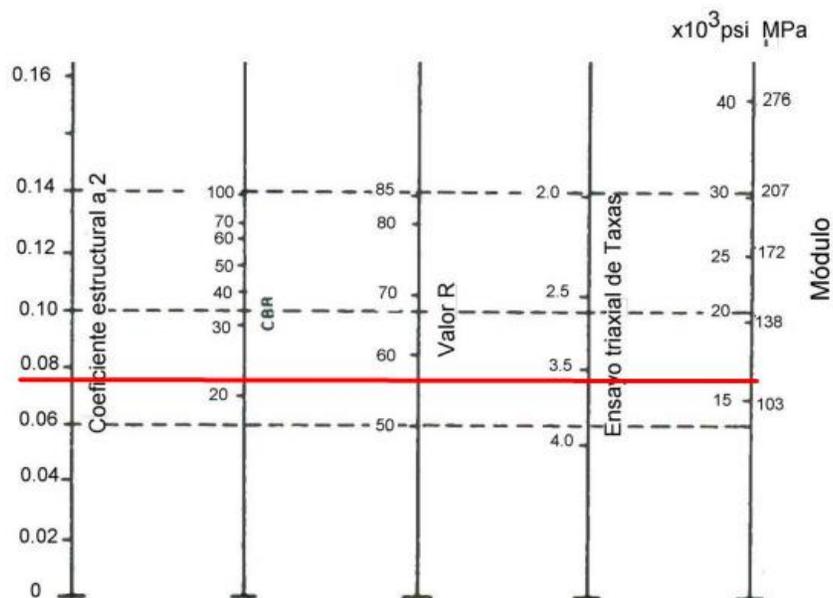
Con un CBR del 19%, para nuestro proyecto el valor del coeficiente estructural para sub base es de 0.097.

**Módulo resiliente de la base**

A continuación, se muestra el gráfico de correlación existente entre el módulo resiliente y coeficiente estructural para bases granulares estos en función del CBR del material.

**Figura 112**

Ábaco para estimar el numero estructural de la base granular a2.



*Nota: Recuperado (AASHTO, 1993)*

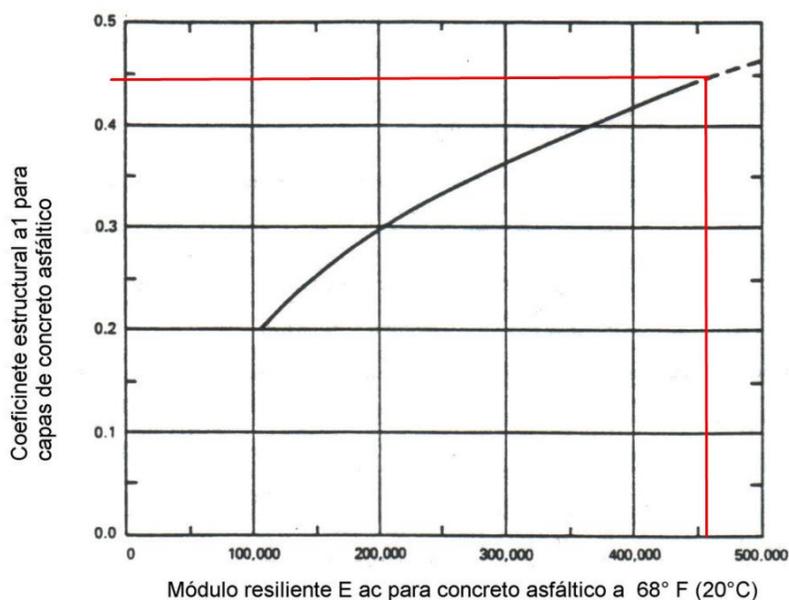
La base granular presenta un valor del módulo de resiliencia igual a 16 000 y un coeficiente calculado según la figura 15 un coeficiente  $a_2=0.07$

### ***Módulo resiliente de la carpeta asfáltica***

A continuación, se muestra la correlación existente entre el módulo de elasticidad y el coeficiente estructural del concreto asfáltico, se sugiere valores del módulo de elasticidad entre 300 000 psi a 400 000 psi.

### **Figura 113**

*Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica a1*



*Nota: Recuperado de (AASHTO, 1993)*

Para el presente proyecto se encuentra un módulo elástico del concreto asfáltico igual a 460 000 psi, con esto el valor del coeficiente a1 es 0.44.

**Tabla 70**

*Coefficientes estructurales y módulos de resiliencia*

<b>Capa</b>	<b>Coefficiente estructural</b>	<b>Módulo de Resiliencia</b>
<i>Concreto</i>		
<i>Asfáltico</i>	<i>0.44</i>	<i>460 000</i>
<i>Convencional (a1)</i>		
<i>Base granular</i>		
<i>(a2)</i>	<i>0.07</i>	<i>16 00</i>
<i>Sub base (a3)</i>	<i>0.097</i>	<i>12 000</i>

### **Diseño de Rehabilitación y Reconstrucción de Pavimentos**

Una vez, realizado el procedimiento de Inspección visual, aplicación método Vizir, se procede a realizar el cálculo del índice del deterioro superficial del pavimento en base a la información recolectada.

Para lo cual se puede determinar el deterioro que haya sufrido la capa superficial del pavimento y qué tipo de daño se encuentra relacionado para a futuro tomar una decisión para solucionar el problema.

**Tabla 71**

*Rangos del Índice de deterioro superficial*

<b>RANG O DEL ÍNDICE</b>	<b>ESTA DO DEL PAVIMENTO</b>	<b>TRABAJOS DE MANTENIMIENTO REQUERIDOS</b>
<b>1-2</b>	buen estado	Pavimentos con limitados agrietamientos y deformaciones que presentan un buen estado
<b>3-4</b>	regula r estado	Pavimentos con agrietamiento estructural y pocas o ninguna deformación, así como pavimentos no fisurados, su estado superficial se considera regular
<b>5-7</b>	pavim entos altamente deteriorados	Pavimentos con agrietamientos y deformaciones abundantes, cuyo deficiente estado superficial da premura a la ejecución de acciones de trabajos

Una vez observada la tabla y después de realizar un análisis, se puede catalogar que el deterioro superficial se encuentra en categoría 5-7 es decir pavimentos altamente deteriorados y que dan premura a la ejecución de acción de trabajos.

### **Metodología para rehabilitación de pavimentos por evaluación funcional**

La metodología de rehabilitación de pavimentos puede realizarse en función de la magnitud y frecuencia con que se prioricen las actividades a realizarse.

En función de la cantidad de trabajos necesarios, las actividades de mantenimiento serán preventivos y correctivos y dependerá del grado de daño para evaluar si es simple o complicada

En función de la frecuencia con que se repiten, estas son periódicas y rutinarias; es decir tendremos en exposición el mantenimiento rutinario (limpieza del sistema de drenaje, corte de vegetación que interrumpa la vía y reparación de defectos específicos de la calzada), el mantenimiento periódico los cuales se planean y ejecutan en periodos de más de un año y su función es mantener la condición estructural de la vía, evitando así daños mayores en la vía (reparación de elementos propios de la vía, mantener adecuadamente la señalética, estabilización de taludes, sellado de grietas, bacheo de emergencia, sello asfáltico focal, fresado puntual); también contamos con el mantenimiento preventivo y este emplea al mantenimiento rutinario bien planificado para evitar un deterioro prematuro y cuando haya cambiado las condiciones de bueno a regular lograr efectuar el mantenimiento periódico de forma cíclica.

Finalmente contamos con el mantenimiento correctivo que ya tiene actividades programadas para el mejoramiento porcentual del pavimento; este mantenimiento es recomendable aplicarlo antes que la condición del pavimento alcance un nivel crítico y para ello evitar que el estado de la vía se encuentre por debajo del mínimo aceptable de la funcionalidad (Tratamiento superficial, Remoción por fresado y reciclado en frío o en caliente).

Ahora bien, al enfocarnos en la rehabilitación de pavimentos, esto nos implica realizar acciones que nos lleven a un mejoramiento de la condición del pavimento, regresando a las condiciones del diseño inicial de la vía, a fin de contar con el diseño estructural adecuado para adherirse adecuadamente a las condiciones de tráfico vehicular creciente y para ello se emplea:

Modificación de Materiales

Estabilización de la vía

Reconstrucción

Al analizar los estudios realizados en los anteriores objetivos y visualizar el estado de la calzada y los ensayos en laboratorio de las muestras tomadas en campo, se llega a determinar que no existe las condiciones necesarias para que la vía antes expuesta cuente con materiales adecuados para que posea base y subbase previo a la carpeta asfáltica que se encuentra de manifiesto y es la razón por la cual su deterioro se ha visto en crecimiento exponencial.

### Diseño de estructura del pavimento por Método ASSHTO 93

Con los parámetros y acorde a la propuesta planteada procedemos a aplicar la norma AASHTO para diseño de pavimentos flexibles en donde nos indica:

La ecuación empírica es ampliamente utilizada y tiene la siguiente forma:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Dónde:

**Tabla 72**

*Diseño de estructuras de pavimentos*

<b>W<sub>18</sub></b>	número previsto de ESAL de 80 kN (18,000 lb.)
<b>Z<sub>R</sub></b>	estándar normal desviado
<b>S<sub>o</sub></b>	error estándar combinado de la predicción del tráfico y la predicción del rendimiento
<b>ΔPSI</b>	diferencia entre el índice de capacidad de servicio de diseño inicial, p <sub>o</sub> , y el índice de capacidad de servicio del terminal
<b>M<sub>R</sub></b>	módulo resistente de subrasante (en psi)
<b>SN</b>	Número estructural (un índice que es indicativo del espesor total del pavimento requerido)

NOTA: Guía de AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento.

**Parámetros del diseño:**

**ESAL:** para el diseño de la propuesta es de 2702682.115; calculado en la tabla de Excel.

**R:** confiabilidad, se toma un valor de 75%, en base a la tabla de niveles recomendados por la Guía de AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento.

**Tabla 73**

*Niveles recomendados de confiabilidad (R)*

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

*Nota. Recuperado de la norma (AASHTO, 1990)*

**Z R:** estándar normal desviado depende de la confiabilidad R, considera la tabla de valore de ZR, para diversos grados de Confiabilidad propuestos en la Guía de AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento, se toma R de 75% por lo tanto el ZR de -0.674

**Figura 114**

*Tabla I-I, Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de confiabilidad.*

Confiabilidad (R)	Valor de ZR
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

**So:** desviación estándar total de la distribución normal de los errores asociados con las predicciones de tránsito y de comportamiento del pavimento. Para el diseño de la propuesta se toma un valor de 0.45.

#### Tabla 74

Tabla II, Valores recomendados para la desviación estándar (So).

Condición de Diseño	Desviación Estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35 — 0,50 <b>(0.45 valor recomendado)</b>

**$\Delta$ PSI:** diferencia entre el índice de capacidad de servicio de diseño inicial, po, y el índice de capacidad de servicio del terminal de diseño, pt.

- 1. El Índice de Servicapacidad Inicial (po):** Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en AASHTO para los pavimentos flexibles es de 4,2.

**2. El Índice de Serviciabilidad Final (pt):** Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación y son normalmente los siguientes:

- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico:  $pt = 2.5 - 3.0$
- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas Interurbanas,  $pt = 2.0 - 2.5$
- Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de  $pt = 1.8 - 2.0$

Los valores que se acogen para el diseño son:

Serviciabilidad Inicial	Serviciabilidad Final
4.2	2.0

**MR, MÓDULO RESILIENTE,** en la ecuación empírica el Mr se refiere al módulo de la capa de apoyo de la capa a analizarse, para lo cual es necesario calcular el número estructural de la capa asfáltica; entonces, va el módulo de resiliencia de la base granular.

Mr	módulo resistente de subrasante (en psi)
----	--

Para el módulo de resiliencia de la capa de base se toma acorde a la tabla de valores típicos de módulos de elasticidad de materiales para pavimentos.

Sin embargo, es pertinente realizar el cálculo del Módulo de Resiliencia de la Subrasante y compararlo con la tabla antes mencionada.

Para la obtención del Módulo de Resiliencia se debe tomar en cuenta que se debe realizar la caracterización en los materiales de la sub-rasante en la guía AASHTO-93. Es una de las medidas que el suelo reconoce como propiedades no lineales, es notable que no todas las entidades tienen la capacidad de emplear un programa de muestreo para determinar el módulo de resiliente, para esto se diseñó las correlaciones en los ensayos CBR y R entre otras. Podemos presentar la correlación la cual fue formulada por Heukelom y Klomp entre el módulo resiliente y el de CBR (Guerrero, 2020)

Para materiales de Subrasante con  $CBR \leq 7,2 \%$ .

$$MR = 1,500 * CBR.$$

Para materiales de sub-rasante con mayor de  $7,2\% \leq CBR \leq 20,0\%$ .

$$MR = 3,000 * (CBR)^{0,65};$$
 Sin embargo, al analizar esta fórmula se puede afirmar

que su rendimiento es más valorativo de la siguiente forma  
 $MR=2,555*(CBR)^{0,64}$ .

**Tabla 75**

*Datos de CBR de cada tramo*

TRAMO	CBR %	TIPO
1	8.3	S1
2	8.55	S1
3	7.6	S1

De esta forma entendemos que podemos emplear la fórmula de  
 $MR=2,555*(CBR)^{0,64}$  ya que en los CBR de los 3 tramos analizados se encuentran entre el 7.2% y el 20% respectivamente.

**Tabla 76**

*Módulos de resiliencia*

CAPA	$MR=2,555*(CBR)^{0,64}$	
Subrasante	MR1	9899.21
Subrasante	MR2	10089.02
Subrasante	MR3	9356.46

Siendo el valor más apropiado del módulo de resiliencia 9356.46 para la posterior obtención del número estructural de la subrasante.

Para el diseño de pavimento estructural debemos tomar en cuenta los siguientes parámetros:

Período de diseño = 6 años

Tráfico de diseño =  $2.70 \times 10^6$

CBR = 7.56%

Temperatura Promedio = 15°C

Días promedio que llueve al año = 288

Velocidad Media de circulación = 35 Km/h

$R = 75\%$

$Z_r = -0.674$

$S_o = 0.45$

$P_o = 4.2$

$P_f = 2.0$

Para un diseño más depurado realizamos la aplicación de diseño de pavimento flexible por el método aashto-93 mediante el software aashto-93 (AASHTO, 1993).

Para el desarrollo del diseño de pavimento flexible por el método de AASHTO-93, debemos tomar en cuenta que con el Software calculamos el SN (Numero estructural) a partir de los datos como la Serviciabilidad inicial y final, confiabilidad, desviación estándar, módulo de resiliente de la capa, número de ejes equivalentes (W18) (Guerrero, 2020).

### **Figura 115**

*Número estructural de la subrasante, primer tramo*

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 75 %  $Z_r = -0.674$  So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 9356.46 psi

Información adicional para pavimentos rígidos  
 Módulo de elasticidad del concreto -  $E_c$  (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto -  $S_c$  (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 =** 2591508.167  Calcular W18

Número Estructural  
**SN =** 3.23

Calcular Salir

En el primer caso se obtiene el número estructural de la subrasante para el tramo 1, que es 3,23.

**Figura 116**

*Número estructural para subbase, primer tramo*

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 75 %  $Z_r = -0.674$  So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 15000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos  
 Módulo de elasticidad del concreto -  $E_c$  (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto -  $S_c$  (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 =** 2591508.167  Calcular W18

Número Estructural  
**SN =** 2.74

Calcular Salir

Aquí se procede a obtener el numero estructural para la subbase en el primer tramo que es 2,74.

### Figura 117

*Número estructural para la base, primer tramo*

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 75 % Zr=-0.674 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 22000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos  
 Módulo de elasticidad del concreto - E<sub>c</sub> (psi)   
 Módulo de rotura del concreto - S<sub>c</sub> (psi)   
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Coeficiente de drenaje - (C<sub>d</sub>)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 2591508.167**  
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 2.38**

Calcular Salir

Aquí procedemos a obtener el numero estructural para el primer tramo de la base que es 2,38.

### Figura 118

*Número estructural de la subrasante, segundo tramo*

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento:  Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 75 %  $Z_r = -0.674$  So: 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2

Módulo resiliente de la subrasante: Mr: 9356.46 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto -  $E_c$  (psi):  Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto -  $S_c$  (psi):  Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis:  Calcular SN  Calcular  $w_{18}$

$w_{18} = 1146143.257$

Número Estructural: SN = 2.86

Botones: Calcular, Salir

En este cálculo, se procede a obtener el número estructural del tramo 2 de la subrasante y es 2,86.

**Figura 119**

*Número estructural para subbase, segundo tramo*

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento:  Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 75 %  $Z_r = -0.674$  So: 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2

Módulo resiliente de la subrasante: Mr: 15000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto -  $E_c$  (psi):  Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto -  $S_c$  (psi):  Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis:  Calcular SN  Calcular  $w_{18}$

$w_{18} = 1146143.257$

Número Estructural: SN = 2.41

Botones: Calcular, Salir

Para este cálculo se empleó el valor de la subbase en su segundo tramo y se obtuvo un número estructural de 2,41.

**Figura 120**

*Número estructural para la base, segundo tramo*

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 75 %  $Z_r = -0.674$  So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 22000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos  
 Módulo de elasticidad del concreto -  $E_c$  (psi)   
 Módulo de rotura del concreto -  $S_c$  (psi)   
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN  $W_{18} = 1146143.257$   
 Calcular  $W_{18}$

Número Estructural  
 SN = 2.09

Calcular Salir

Aquí, se procede a realizar el cálculo para la obtención del número estructural de la base en su segundo tramo y es 2,09.

**Figura 121**

*Número estructural de la subrasante, tercer tramo*

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 75 %  $Z_r = -0.674$  So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 9356.46 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto -  $E_c$  (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto -  $S_c$  (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 2702682.115**  
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 3.25**

Calcular Salir

Para este cálculo se empleó el valor de la subrasante en su tercer tramo y se obtuvo un número estructural de 3,25.

**Figura 122**

*Número estructural para la base, tercer tramo*

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 75 %  $Z_r = -0.674$  So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 15000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto -  $E_c$  (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto -  $S_c$  (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 2702682.115**  
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 2.76**

Calcular Salir

Aquí, se procede a realizar el cálculo para la obtención del número estructural de la subbase en su tercer tramo y su valor es 2,76.

**Figura 123**

*Número estructural para la base, tercer tramo*

Para este cálculo se empleó el valor de la base en su tercer tramo y se obtuvo un número estructural de 2,40.

De esta forma se hizo un análisis y se obtuvo los números estructurales de las distintas capas previo al diseño y espesor de la capa de rodadura.

**Tabla 77**

*Datos en los diferentes tramos del proyecto*

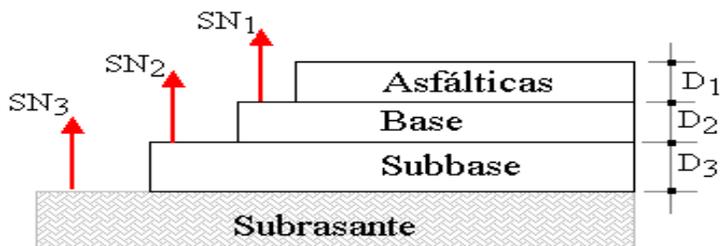
	Subrasante		Subbase			Base			
	MR	W18	SN	MR	W18	SN	MR	W18	SN
<b>Tramo 1</b>	9899,21	2,5x10 <sup>6</sup>							
	10089,0								
	2	2,5x10 <sup>6</sup>							

	9356,46	$2,5 \times 10^6$	3,2	1500	$2,5 \times 10^6$	2,7	2200	$2,5 \times 10^6$	2,3
			3	0		4	0		8
<b>Tram</b>									
<b>o 2</b>	9356,46	$1,14 \times 10^6$	2,8	1500	$1,14 \times 10^6$	2,4	2200	$1,14 \times 10^6$	2,0
		6	6	0	6	1	0	6	9
<b>Tram</b>									
<b>o 3</b>	9356,46	$2,70 \times 10^6$	3,2	1500	$2,70 \times 10^6$	2,7	2200	$2,70 \times 10^6$	2,4
		6	5	0	6	6	0	6	

Para lo cual se debe realizar una propuesta que permita obtener SN corregidos que sean iguales o mayores al Sn requerido, con lo cual se garantice el soporte la carga vehicular en seis años. Las ecuaciones para controlar el SN corregido son:

#### Figura 124

Cálculo del número estructural SN.



$$SN = \sum a_i \cdot D_i \cdot m_i$$

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

Donde:

**D<sub>1,2,3</sub>**: espesores de capas asfálticas, base y subbase respectivamente (pulgadas)

**a<sub>i</sub>**: coeficiente estructural de capa<sub>i</sub>, dependiente de su módulo, Valores promedio de coeficientes estructurales

- Mezcla asfáltica densa en caliente: 0.44/pulgada
- Base de grava y piedra partida: 0.07/pulgada
- Subbase granular: 0.097/pulgada

$m_i$ : coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación.

**Tabla 78**

*Categorización de la calidad de drenaje*

<b>CALIDAD DEL DRENAJE</b>	<b>EL AGUA SE REMUEVE EN</b>
Excelente	2 – 4 horas
Bueno	12 – 24 horas
Normal	3 – 6 días
Malo	18 – 36 días
Muy malo	Más de 36 días

*NOTA: Recuperado Guía de AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento.*

**Tabla 79**

*Coefficientes de drenaje ( $m_i$ ) recomendados para bases y subbases granulares*

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

*Nota: Recuperado de Guía de AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento. Asociación Estadounidense de Autopistas Estatales y funcionarios de Transporte. Washington, DC*

Para la propuesta se indica que es un pavimento diseñado con drenaje normal (la humedad drena en una semana) y durante dos meses del año ( $3/12=0.25=25\%$ ) está sometido a condiciones cercanas a la saturación; por lo tanto, el  $m_i$  se considera de 0.9

#### **Determinación de los espesores de las capas individuales ( $D_i$ )**

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* \geq a_1 * D_1^* \geq SN_1$$

$$D_2^* = \frac{(SN_2 - SN_1^*)}{a_2 * m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* = \frac{[SN_3 - (SN_2^*)]}{a_3 * m_3}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

$$SN_2^* = SN_1^* + a_2 m_2 D_2^* \geq SN_2$$

$$SN_3^* = SN_2^* + a_3 m_3 D_3^* \geq SN_3$$

Donde  $D^*$  son los valores de altura de cada capa adoptados, Y  $SN_i$  son los números estructurales reales de cada capa de la estructura del pavimento.

### **Figura 125**

*Diseño de Pavimentos*

**DISEÑO DE PAVIMENTOS  
METODO AASHTO 1993  
VÍA LA BALVINA**

<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>		<b>DATOS</b>
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)		450,00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)		22,00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)		15,00
D. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)		9,36
<b>2. PARÁMETROS DE DISEÑO</b>		<b>DATOS</b>
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)		2,70E+06
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)		75%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)		-0,674
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE TODAS LAS VARIABLES (So)		0,45
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)		4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)		2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)		6
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO</b>		<b>DATOS</b>
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )		0,44
Base granular (a <sub>2</sub> )		0,07
Subbase (a <sub>3</sub> )		0,097
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m <sub>2</sub> )		1,15
Subbase (m <sub>3</sub> )		1,15
<b>DATOS DE SALIDA :</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL SUBRASANTE (SN3)		3,25
NUMERO ESTRUCTURAL SUBBASE (SN2)		2,76
NUMERO ESTRUCTURAL BASE (SN1)		2,40

Diseño y comprobación				
Recomendación mínima AASHTO				
H min Carp. Asfalt en pulg	3			Determinar de la Tabla 7-2 con wESALS de diseño
H min BG(Base Granular) en pulg	6			Determinar de la Tabla 7-2 con wESALS de diseño
<b>PROTECCIÓN DE LA BASE</b>				
SN1* (requerido)	2,40			
a1	0,44			
D1	5,45	pulg	13,85	cm
D1 asumido	22,00	cm		
D1 asumido	8,66	pulg		
D1 minimo	3	pulg	7,62	cm
D1 espesor definitivo	8,66	pulg	22	cm
SN1 calculado	3,81	pulg	SN1 calculado debe ser mayor que el SN1 requerido	
<b>PROTECCIÓN DE LA SUBBASE</b>				
SN2* (requerido)	2,76			
a2	0,07			
m2	1,15			
D2	-12,52	pulg	-31,80	cm
D2 asumido	6	pulg	15,24	cm
D2 minimo	6	pulg	15,24	cm
D2 espesor definitivo	6	pulg	15,24	cm
SN2 calculado	4,31	pulg	SN2 calculado debe ser mayor que el SN2 requerido	
<b>PROTECCIÓN DE LA SUBRASANTE</b>				
SN3* (requerido)	3,25			
a3	0,097			
m3	1,15			
D3	-9,54	pulg	-24,24381892	cm
D3 asumido	13	cm		
D3 espesor definitivo	5,12	pulg		
SN3 calculado	4,89	pulg	SN3 calculado debe ser mayor que el SN3 requerido	

RESULTADOS DEL CÁLCULO Y DISEÑO			
	Calculados	Calculados	Adoptados
	pulgadas	cm.	
C. ASFALTICA	8,66	22	25,00
BASE	6,00	15,24	20,00
SUBBASE	5,12	13,00	15,00
SN = a1*D1 + a2*D2*m2+a3*D3*m3			
			Hca = 2,95
	SN = 3,25		Hb = 5,91
	a1*D1 = 1,30		
	a2*D2*m2 = 0,50		
	a3*m3 = 0,11		
	D3 (pulg)= 13,04		
	D2 (pulg)= 5,91		
	D1 (pulg)= 2,95		

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA			
		TEORICO (cm)	PROPUESTO (in)
ESPELOR CARPETA ASFALTICA		22,00	8,7
ESPELOR BASE GRANULAR		15,24	6,0
ESPELOR SUB BASE GRANULAR		13,00	5,1
ESPELOR TOTAL			19,8

### Elaboración de un plan de conservación vial

Las más recientes investigaciones demuestran que en los pavimentos las intervenciones que dan óptimos resultados, son las que se aplican oportunamente, utilizando las técnicas adecuadas al tipo y características de las fallas que se requiere solucionar. Ello define dos conceptos importantes que son: la oportunidad en que se interviene y la técnica que se utiliza.

Cada una de estas técnicas de mantenimiento posee su mejor rendimiento al ser aplicada cuando el pavimento presente un nivel de deterioro comprendido dentro de un rango definido.

Como es de conocimiento, por cada tipo y nivel de severidad de las fallas que se presenta en un pavimento, existe una o más técnicas que resultan las más adecuadas para solucionar el problema, en términos de eficiencia y relación costo beneficio.

Sin embargo, en algunas ocasiones se presentan situaciones especiales que requieren de una intervención muy específica y diferente a lo usual. Por lo tanto, se puede hacer una propuesta para los casos generales, técnicas tanto de mantenimiento como de reposición que, normalmente, son las más eficientes para los diferentes tipos de deterioro que se presentan.

### Tabla 80

*Intervenciones preventivas en los tipos de fallas*

TIPO DE FALLA	INTERVENCIÓN
Agrietamiento por Fatiga Bacheo	Reemplazar el sector (Repavimentar con hormigón) (Recubrir con una capa asfáltica)

---

Ahuellamiento	Reemplazar el sector <i>(Repavimentar con hormigón)</i> <i>(Recubrir con una capa asfáltica)</i>
Baches	Bacheo con mezcla en frío Reparar en parte del espesor Reparación en todo el espesor <i>(Repavimentar con hormigón)</i> <i>(Recubrir con una capa asfáltica)</i>
Pulimiento de la Superficie	Colocar un tratamiento superficial <i>(Repavimentar con hormigón)</i> <i>(Recubrir con una capa asfáltica)</i>
Meteorización Superficial	Colocar un tratamiento superficial <i>(Repavimentar con hormigón)</i> <i>(Recubrir con una capa asfáltica)</i>
Desprendimiento del Árido	Colocar un tratamiento superficial Reemplazar el sector <i>(Repavimentar con hormigón)</i> <i>(Recubrir con una capa asfáltica)</i>
Deficiencia Estructural	Reemplazar el sector <i>(Repavimentar con hormigón)</i> <i>(Recubrir con una capa asfáltica)</i>

---

A partir de este cuadro que nos detalla el tipo de falla y su mantenimiento, nosotros debemos revisar el Manual MOP-001-F2002 en su sección 406, para ver las especificaciones y el tipo de trabajo que se debe realizar para que la conservación vial no dependa solo del adecuado tratamiento de las capas sino, que se pueda analizar el contexto externo a la vía como lo son los subdrenes y el tipo de escorrentía que afecta directamente a la vía en cuestión.

Estructuralmente, la calzada se encuentra afectada por las fallas antes mencionadas, en tal virtud, se propone determinadas actividades de mantenimiento para

disminuir el proceso acelerado de deterioro que está sufriendo el pavimento, además se presenta la actividad de rehabilitación mediante el empleo del método AASHTO.

Para lo cual, empezamos con las actividades de mantenimiento preventivo antes mencionado en la actividad IV

***Limpieza de cunetas revestidas, soleras, descargas de subdrenes y bajadas de agua***

***Descripción y Alcances***

La operación consiste en remover todos los materiales depositados dentro de las cunetas revestidas, al costado de las soleras, en las descargas de los subdrenes y las bajadas de agua, de manera de dejar libre la sección de escurrimiento original.

***Procedimientos de Trabajo***

Se deberá retirar cuidadosamente toda materia extraña que implique una disminución de la sección, o algún tipo de impedimento al libre escurrimiento de las aguas, desde el fondo de las cunetas revestidas, cualesquiera sean su forma y dimensiones, del costado de las soleras, de todo el elemento que constituye la descarga del subdren y de las bajadas de aguas, incluyendo el embudo de entrada y todo el tubo de descarga. La limpieza se extenderá a todo lo largo de estas obras, pero no incluirá la de los canales, fosos u otros dispositivos de descarga, la que se encuentra incluida en otras operaciones (MTOPI, 2013)

Los equipos y procedimientos que se utilicen para retirar los materiales depositados dentro de las cunetas revestidas, las descargas de los subdrenes y las bajadas de agua, deben asegurar que ellos no provocarán daños, saltaduras o grietas, en el hormigón o el tubo. Cualquier daño provocado por el procedimiento empleado deberá ser reparado de inmediato sin costo adicional (MTOPI, 2013).

***Limpieza de Descargas de Subdrenes***

La operación comprende la remoción de todos los materiales que se encuentren depositados dentro de la sección de escurrimiento del elemento que constituye la descarga del subdren, cualquiera fueren sus dimensiones, y su traslado a botaderos autorizados (MTOPI, 2013)

Se cuantificará por unidad (N°) de descarga limpia, cualesquiera sean sus dimensiones.

### ***Limpieza de Bajadas de Aguas***

La operación comprende la remoción de todos los materiales que se encuentren depositados dentro de la sección de escurrimiento, incluyendo tanto el embudo de entrada como el tubo de descarga de las bajadas de agua, cualquiera fueren sus dimensiones, y su traslado a botaderos autorizados (MTOP, 2013)

Se cuantificará por metro (m) de bajada de aguas limpia, cualesquiera sean sus dimensiones.

### ***Drenes de pavimento***

#### **Descripción y Alcances**

La operación consiste en reemplazar tramos de drenes de pavimentos que se encuentren obstruidos, así como la colocación de drenes adicionales donde resulten necesarios (MTOP, 2013)

Se considera reemplazar los drenes de pavimento obstruidos, en vez de limpiarlos mediante agua a presión, en consideración a que ese procedimiento conlleva el riesgo de saturar las capas de base y los suelos de la subrasante y originar una falla inmediata del pavimento (MTOP, 2013)

Es conveniente colocar drenes al costado de un pavimento de hormigón en los lugares en que se detecte el fenómeno de urgencia de finos. Eventualmente un pavimento asfáltico también podría requerirlos cuando se detectan condiciones similares (MTOP, 2013)

### ***Materiales***

Geo textil. Las telas tipo geo textil serán de fibras de poliéster, polipropileno o de una combinación de ambas, unidas por fusión, agujado o algún otro medio adhesivo y que se ajusten a la norma NEVI 12 y a los requisitos indicados en la sección 3.401.5 Requisitos de los Geo textiles para Drenaje del NEVI 12, considerando, para suelos cohesivos con índice de plasticidad mayor que 7%, que la abertura aparente podrá ser de hasta 0,30 mm o la que indique el diseño.

Tubos de Drenaje. Los tubos para el dren se ajustarán a las características, diámetros y mínima superficie de filtración establecidos en el Proyecto. En su defecto, las tuberías deberán ser de pared lisa, de policloruro de vinilo (PVC) rígido de Clase 6, de paredes lisas que cumplan, en lo pertinente, con lo establecido en las secciones 3.823 y 3.822.4 respecto a la fabricación y manejo, respectivamente. Podrán utilizarse también tuberías de polietileno de alta densidad (PAD), que cumplan con las normas de fabricación (MTOP, 2013).

Salvo que en un camino existan tubos diferentes, normalmente serán de 50 mm de diámetro exterior para drenar una pista y de 75 mm para desaguar dos pistas con bombeo único. En el caso del PVC, los tubos de 50 mm de diámetro tendrán ranuras perpendiculares al eje en la mitad inferior, de mínimo 4 mm de ancho; se ubicarán alternadas y separadas aproximadamente en 100 mm por lado, de modo de asegurar una superficie de filtración no inferior a 28 cm<sup>2</sup> /m. Las ranuras de los tubos de 75 mm de diámetro estarán en la misma ubicación y tendrán igual ancho y espaciamiento, pero deberán asegurar una superficie de filtración no inferior a 45 cm<sup>2</sup> /m. Los mismos tubos, pero sin ranuras, se utilizarán para evacuar las aguas del dren longitudinal a través de la berma (MTOP, 2013).

Material Permeable. Estará constituido por gravas naturales limpias, sin aristas vivas, libre de material fino, materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias deleznable. La granulometría deberá estar comprendida entre 40 mm y 10 mm (MTOP, 2013).

### ***Procedimientos de Trabajo***

La figura 21 muestra el diseño y las dimensiones que, salvo condiciones especiales, debe utilizarse en los drenes de pavimento.

Normalmente los drenes de pavimento se encuentran adosados al borde exterior del pavimento, de manera que para retirar una sección obstruida debe excavarse una zanja que permita retirarlo y colocar el dren de reemplazo.

Es posible utilizar los mismos tubos de descarga existentes, previa comprobación que se Primeramente se cubrirá la zanja con la tela geo textil, la que quedará sin arrugas ni bolsones de aire; luego se cubrirá con 30 a 50 mm de material permeable, para en seguida, colocar la tubería, uniendo las diversas secciones con el pegamento que recomiende el fabricante (MTOP, 2013).

Una vez terminado el tendido de la tubería de un tramo, se procederá a rellenar la zanja con material permeable, hasta el nivel del borde inferior del pavimento. El material se compactará con equipo manual y luego se cubrirá con la tela geo textil, la que deberá traslaparse en todo el ancho. Las tuberías de descarga no deberán estar a más de 50 m entre sí y, además, en los puntos bajos de la rasante. En los cortes, donde no sea posible colocar descargas a esa distancia, deberá aumentarse el diámetro del tubo de dren proporcionalmente a la mayor distancia entre descargas. Las tuberías de descarga se desprenderán formando un ángulo de 45°, y la pendiente mínima será del 5% (MTOP, 2013).

Los materiales sobrantes producto de los trabajos especificados deberán trasladarse a botaderos autorizados; el tratamiento en el botadero se ajustará a lo dispuesto en las Consideraciones Ambientales Generales para el Mantenimiento, de este Volumen. Cuando los trabajos se realicen con el camino en servicio, antes de iniciarlos deberán adoptarse las medidas que se señalan en lo dispuesto en la sección de Seguridad de los Trabajos, de este Volumen (MTOP, 2013).

Una vez, puesto de manifiesto el tipo de mantenimiento para los subdrenes y la escorrentía sobre la vía, procedemos a analizar las canteras que poseemos

alrededor del eje de proyecto, tomando en cuenta costo más beneficio y ahí podemos hacer la recomendación del tipo de mantenimiento para la carpeta asfáltica y las distintas capas que la componen; ya que anteriormente se mencionó que la cantera más próxima era la de PINTAG cuyas características nos permiten un diseño solo de 6 años

**Tabla 81**

*Estructura propuesta del pavimento*

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA		
	TEORICO (cm)	PROPU ESTO A 6 AÑOS (in)
<b>ESPES OR CARPETA ASFALTICA</b>	22,00	8,7
<b>ESPES OR BASE GRANULAR</b>	15,24	6,0
<b>ESPES OR SUB BASE GRANULAR</b>	13,00	5,1
<b>ESPES OR TOTAL</b>		19,8

La forma más eficiente de ejecutar el mantenimiento es disponiendo de la estructura de carpeta o pavimento más adecuada a cada circunstancia y realizando las intervenciones de acuerdo con una estrategia previamente investigada y comprobada,

que permita fijar una política de mantenimiento.

### **Técnicas y materiales para el mantenimiento de Pavimentos Asfálticos.**

Cuando se analizan alternativas de mantenimiento para un pavimento, además de las reparaciones tradicionales, se deben considerar o tomar en cuenta nuevas técnicas surgidas en los últimos años, ya que estas pueden llevar a mejorar sustancialmente el mantenimiento de pavimentos.

**Frezado:** Consiste en recortar en fio, con un equipo especialmente diseñado para el trabajo, un determinado espesor de la superficie del pavimento y se diferencia del cepillado ya que este solo produce pequeñas ranuras, en cambio el frezado reduce el nivel superior del pavimento.

**Reciclados de mezclas asfálticas:** Debido al creciente interés de la comunidad por la protección del medio ambiente y la relativa economía que se alcanza en el proceso de mantenimiento y restauración de pavimentos, se procesa conjuntamente una parte de mezcla asfáltica proveniente de una antigua capa de rodadura con otra parte de materiales nuevos, de manera que se pueda producir una nueva mezcla que cumpla con todos los requisitos que se exigen a este tipo de pavimentos.

Los pavimentos asfálticos presentan una serie de fallas cuya prevención y/o corrección es abordada por operaciones de mantenimiento, las que suelen agruparse en tres categorías: operaciones rutinarias; operaciones periódicas y operaciones de restauración.

### **Tabla 82**

#### *Categoría de operaciones*

#### **Categorías de Operaciones**

<b>Grietas Fatigamiento</b>	<b>por</b>	<b>Se conocen también como «piel de cocodrilo» y son una serie de fisuras interconectadas formando trozos de ángulos agudos, de dimensiones</b>
---------------------------------	------------	---

---

**normalmente inferiores a 300 mm. Se originan por fatigamiento del material sometido a cargas reiteradas.**

---

Grietas en Bloque	Fisuras y grietas que conforman una serie de trozos aproximadamente rectangulares, cuyas dimensiones pueden estar comprendidas entre 0,1 y 10 m <sup>2</sup> . Son causadas por diferenciales térmicos, especialmente en mezclas muy duras.
Grietas de Borde	Son grietas en forma de media luna que se producen en los bordes de las carpetas asfálticas que no cuentan con espaldones pavimentados. Son provocadas por las cargas cuando la base es débil.
Grietas Longitudinales	Grietas predominantemente paralelas al eje del camino. Son causadas por una mala construcción cuando se encuentran a lo largo del eje, por debilidad de la base cuando coinciden con la huella de paso de los vehículos (aprox. 600 mm del borde), y por contracciones térmicas cuando están en otras posiciones.
Grietas de Reflexión	Son grietas que se producen en las carpetas asfálticas que refuerzan un pavimento de hormigón, coincidiendo con las juntas y grietas de éste. También se producen en recapeos asfálticos sobre asfalto.
Grietas Transversales	Son aproximadamente normales al eje del camino y se producen sin existir un pavimento de hormigón subyacente. Las causas son las mismas señaladas para las grietas longitudinales.
Baches	Son deformaciones que tienen la forma de una taza. Tienen su origen en mezclas Asfálticas mal dosificadas o con compactación insuficiente y zonas débiles de la subrasante.
Ahuellamientos	Son depresiones longitudinales que coinciden con la zona donde pasan las ruedas de los vehículos. Se

---

---

	<p>originan en mezclas que originalmente no fueron suficientemente compactadas; cuando van asociadas con deformaciones laterales de la carpeta son producto de bases o subrasantes débiles.</p>
<p>Agua</p> <p>Afloramientos de</p>	<p>Durante e inmediatamente después de una precipitación, aflora agua desde abajo del pavimento a través de las grietas. Se originan en una carencia de drenaje de la plataforma o por existir suelos finos que acumulan agua por capilaridad.</p>
<p>Ondulaciones</p>	<p>Son una serie de levantamientos tipo ondas, poco separadas y más o menos regulares. Son causadas por el tránsito, donde la base o la subrasante es débil o tiene poca estabilidad.</p>
<p>Depresiones</p>	<p>Son pequeñas áreas que han bajado respecto del plano general de la superficie y que no constituyen baches abiertos. Se originan por asentamientos de la base o la subrasante. Cuando las delimitan líneas rectas, probablemente la causa se encuentra en que se construyó una zanja u otro trabajo similar.</p>
<p>Levantamiento</p>	<p>La carpeta se levanta formando una superficie convexa. Se origina por un aumento de volumen del suelo de la subrasante, causado por la existencia de un suelo expansivo con la humedad.</p>

---

*Fuente: Manual de Carreteras Chile.*

Debido a esto es imprescindible que se genere de acuerdo a las características geométricas y las condiciones de la capa de rodadura, el mantenimiento rutinario a realizar, el mismo que consiste en la limpieza de cunetas y alcantarillas y al desalojo de materiales, para lo cual se utilizará el equipo caminero del EPMOP del Distrito Metropolitano de Quito. El costo del combustible correrá a cargo del DMQ, que dispone de la partida presupuestaria correspondiente.

Para un correcto plan de conservación vial, es imprescindible que se determine un tratamiento a enfocarse en el pavimento.

### **Tratamiento Superficial Localizado**

Un tratamiento superficial localizado o sello localizado consiste en la aplicación de un riego con material asfáltico cubierto con agregados o lechada asfáltica en sitios localizados menores de 300 m<sup>2</sup> de área, con la finalidad de impermeabilizar la superficie para protegerlo del intemperismo y evitar que avance el envejecimiento. (Medina Palacios & De la Cruz Puma, 2015).

Es muy recomendable para la aplicación sobre pavimentos envejecidos, que presentan agrieta duras y pérdida continua de agregados; además nos va a servir de soporte en el tramo 3 que propende una curva ascendente a la E35 ya que este tratamiento evita el deslizamiento en puntos críticos.

#### Materiales

- Emulsión asfáltica Se debe utilizar emulsiones en frío de rompimiento lento o controlado.
- Agregados Pétreos Los agregados a utilizar están en función del tipo de lechada a utilizar y de las condiciones de la vía, en base a las siguientes consideraciones recomendadas por la AASHTO. En la Tabla 27 se indica el tipo de lechada asfáltica a utilizar para una determinada actividad.

### **Tabla 83**

#### *Tipo de lechadas asfálticas y aplicaciones*

**Tabla 27: Tipo de Lechadas Asfálticas y aplicaciones (AASHTO, 1993).**

Tipo	Tamaño	Aplicación
A-1	Fino	Sello de grietas y sellado fino en vías de tráfico liviano.
B-1	Media o General	Sellado general para aumentar la textura.
C-1	Grueso	Producen una superficie con textura profunda y se usan en vías con alto nivel de tránsito.
D-1	Grueso	

*Nota: Recuperado de (AASHTO, 2003)*

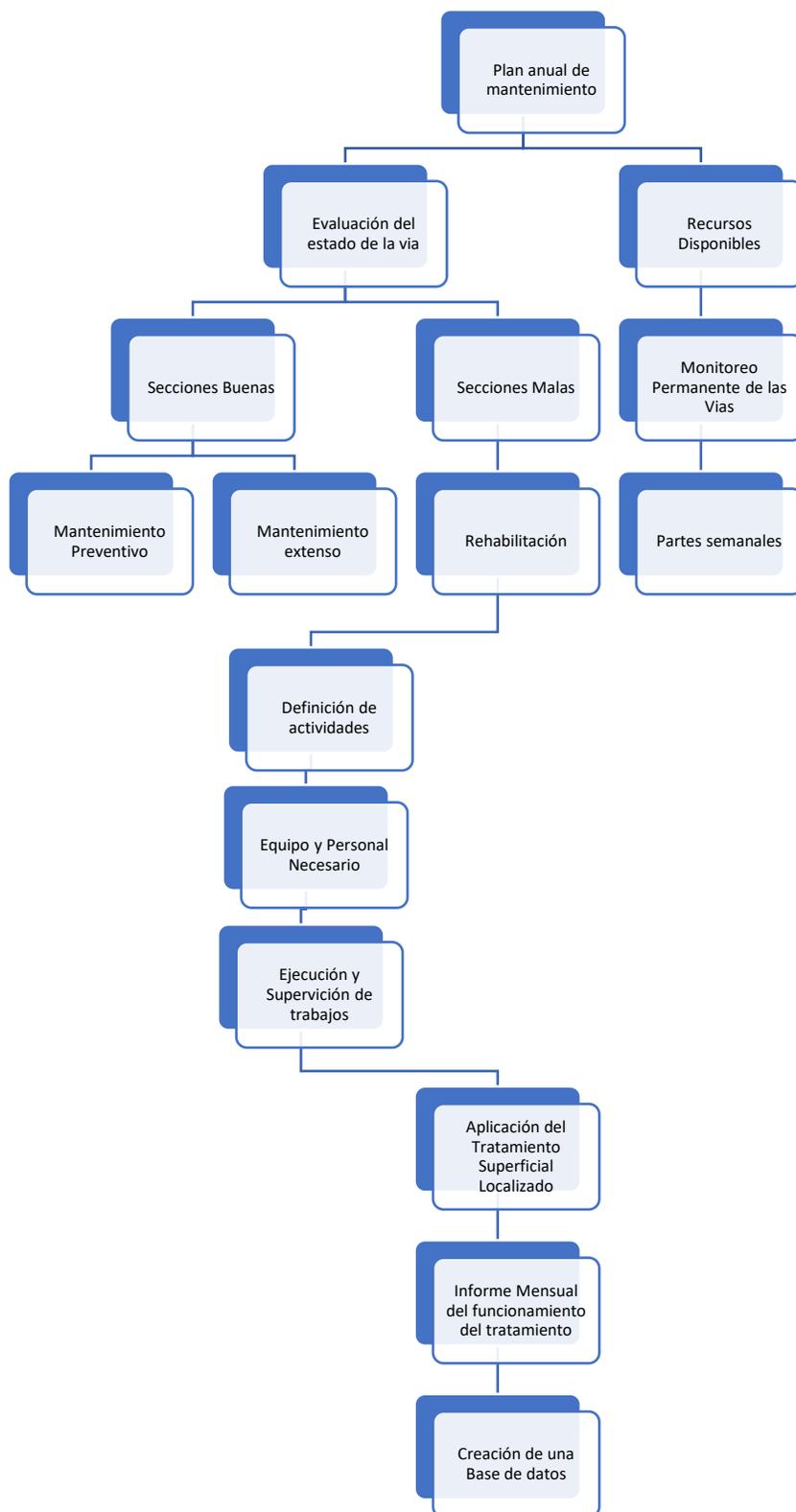
#### Procedimiento de ejecución del trabajo

- Para la aplicación de un tratamiento superficial, generalmente se requiere acciones previas como el bacheo, sellado de grietas anchas, entre otros.
- Identificación señalización y limpieza total de la superficie por sellar, eliminando todo el polvo y materia extraña.
- Sobre la carpeta limpia se procederá a aplicar el riego asfáltico especificado, para luego colocar el material pétreo sobre el riego asfáltico,

el espesor vario de 2.5 hasta 7 mm, dependiendo del tipo de lechada que se utilice.

- Pasar la rastra para eliminar ondulaciones, bordes o depresiones, e iniciar el proceso de compactación, inicialmente con un rodillo liso y posteriormente con el compactador de neumáticos el tiempo necesario para asegurar el máximo del material pétreo se haya adherido al material asfáltico.
- Limpieza y recolección del material excedente que no se adhiera al ligante asfáltico.

## Propuesta del mantenimiento vial de la capa de rodadura en los tres tramos



## **Estimación de Costos de Mantenimiento Vial**

Como se mencionó en la propuesta del mantenimiento vial del capítulo anterior, se necesita conocer el tipo de actividades que se van a realizar, así como la maquinaria y el personal necesario para dar cumplimiento al flujograma, evitando así, saltarnos algún paso de la propuesta y conseguir de esta manera la máxima eficiencia y eficacia en el mantenimiento tanto en el ámbito estructural como en el de costos.

Las actividades a realizarse en este tipo de mantenimiento para la vía del Fuerte Militar GRAB Marco Aurelio Subía Martínez, serán las siguientes:

- Roce y limpieza de taludes
- Remoción de derrumbes causados por las aguas de regadío
- Limpieza de cunetas
- Limpieza de alcantarillas
- Bacheo de la calzada en los tramos determinados
- Sello asfáltico (mezcla de arena y AP3) para cubrir las fisuras
- Encauzamiento de pequeños cursos de agua, con la finalidad de evitar hundimientos en el asfalto.
- Mantenimiento de señales de tránsito.
- Vigilancia y control

El equipo y personal necesarios para las actividades mencionadas serán:

- Barredora
- Cortadora de asfalto
- Tanquero imprimador
- Volquete
- Rodillo.
- Microempresas de vialidad
- Peones
- Choferes
- Operadores.

La importancia de la estimación de costos del mantenimiento vial de un proyecto, es muy considerable por ser el documento básico que establece el marco económico para

la ejecución de las obras. De los valores conseguidos, saldrán los precios que competirán con otros ofertantes y harán, ganar o perder la adjudicación (Farinango, 2014)

La ejecución y supervisión de los trabajos y el monitoreo del estado actual de la vía, se lo hará a través de la creación de la Unidad de Mantenimiento vial, la cual designará un ingeniero civil con experiencia en asfaltos, para dirigir y seguir el proceso a cabalidad solventando cualquier inconveniente que surgiere durante el desarrollo.

Con lo descrito anteriormente se elabora un informe mensual de actividades de conservación de la vía, el cual permitirá elaborar una planificación para los meses siguientes, y por ende la planificación anual de mantenimiento vial.

Basados en el mantenimiento zonal que nos proporciona el DMQ por parte del EPMOP para el sector del valle de los Chillos tenemos la siguiente estimación.

**Tabla 84**

*Estado de la Vía*

RAM O	BSCI SA	L ONGU ITUD (m)	NCH O (m)	F ENDIE NTE (%)	RAZA DO VIAL	A LCANTA RILLAD O	APA DE RO DAD URA	STA DO	M ANTENI MIENTO
	+677. 00	31.2	9	.8	C i		Si sfalt o en frio	ueno	N o aplica
	+311. 00	99.5	5	.2	1 i		Si sfalt o en frio	egula r	Rutinario (Bacheo )
	+824. 00	226.0	1	.8	4 o		Si sfalt o en frio	alo	Rutinario

---

(Bacheo  
)

---

Por lo tanto, se debe tomar en cuenta al presupuesto como la valoración económica de costos generados para la construcción total de una obra durante un determinado periodo de tiempo.

Para el desarrollo del presupuesto de una obra, se analizan los siguientes aspectos; Rubro, Unidad, Cantidad de Obra, Costo Unitario, Costo Total (Farinango, 2014)

Además, se debe tomar en cuenta a la mano de obra que será el personal que interviene en la realización de las tareas de mantenimiento, por lo tanto, se enlista al personal necesario en la ejecución del rubro. Dentro de personal se consideran: operadores, ayudantes, albañiles. El personal está clasificado en categorías, según su labor, profesión o preparación académica, de acuerdo a ello se establece el costo Hora-Hombre que demanda una unidad de trabajo (Farinango, 2014).

Para poder conectar de manera efectiva tanto la mano de obra como el empleo de la maquinaria es imprescindible realizar una hoja de cálculo con los valores referenciales de los costos que se va a asumir en el mantenimiento y rehabilitación.

### **Tabla 85**

#### *Mantenimiento vial*

---

**PROYECTO: Mantenimiento Vial en la zona comprendida en las proximidades al Fuerte GRAD Marco Aurelio Subía Martínez**

---

#### **PRESUPUESTO REFERENCIAL**

COD	ID	RUBRO DESCRIPCION	UNIDAD	CONTRATADO		
				CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
		<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
1	OP001	SELLO ASFALTICO IMPRIMACION	INC. m2	638,00	8,60	<b>5.489,48</b>

---

2	OP002	BACHEO	m2	51,00	9,84	<b>502,00</b>
3	OP003	RECAPEO	m2	1.312,00	14,96	<b>19.627,52</b>
4	OP004	CEPILLADO	m2	1.312,00	4,96	<b>6.507,52</b>
5	OP005	RECONSTRUCCIÓN TRATAMIENTO SUPERFICIAL	m2	1.825,50	10,20	<b>18.620,10</b>
6	OP006	LIMPIEZA DE TALUD	m2	8,00	39,57	<b>316,56</b>
7	OP007	MANTENIMIENTO SUBDRENES	Km	0,30	13.425,00	<b>4.027,50</b>
8	OP008	REPAVIMENTACIÓN	m2	1.312,00	19,73	<b>25.885,76</b>
9	OP009	SELLO ELASTOMETRICO DE JUNTAS	m	8,00	3,66	<b>29,28</b>
10	OP010	DESBROCE	Ha	14,80	188,50	<b>2.789,80</b>
11	OP011	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA	UNIDAD	30,00	110,70	<b>3.321,00</b>
12	OP012	MARCAS DE PAVIMENTO	m	1.200,00	1,11	<b>1.332,00</b>
13	OP013	HORMIGON SIMPLE PARA BORDILLOS	m	150,00	65,60	<b>9.840,00</b>

**PRESUPUESTO REFERENCIAL (USD)****98.288,52**

Son: noventa y ocho mil doscientos ochenta y ocho con cincuenta y dos centavos de dólares americanos

Finalmente, en base a estos análisis se puede llegar a realizar una propuesta de un presupuesto referencial para cada tramo tomando en cuenta que indistintamente de que cada tramo posea sus propias características y daños, al final, forman parte de una

misma arteria vial y van a compartir el mismo tipo de tratamiento vial de mantenimiento y readecuación.

En tal virtud se podría finalizar indicando que estos serían los presupuestos generales para la vía en sus tres tramos.

## **Conclusiones**

### **Primer Objetivo**

- El sector en donde se desarrolló el proyecto está ubicado en una zona rural del Valle de los Chillos; sin embargo, cuenta con todos los servicios básicos y accesos viales hacia cada uno de sus barrios. La agricultura y floricultura son las actividades principales en la zona, en la que se encuentra también afincado un complejo militar de mucha importancia.
- Las vías de estudio son ejes de acceso al Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía Martínez”. La Av. Manuel Quiroga sirve de enlace entre la Vivienda Fiscal “La Balvina” y el Fuerte Militar, además, de ser el acceso al Complejo Independiente del Valle y el Estadio IDV “Banco Guayaquil”. El estado actual de las vías es muy malo, impidiendo así la movilidad eficiente, rápida y oportuna de los vehículos tácticos con los que cuenta el complejo militar.
- El Tramo 1 está actualmente repavimentado, por lo que no presenta daños en su capa de rodadura. Sin embargo, en los Tramos 2 y 3 debido al paso del tiempo la carpeta asfáltica presenta un daño significativo. En épocas de invierno la ausencia del respectivo drenaje vial provoca severas inundaciones.
- Mediante la evaluación funcional se determinó que el Tramo 1 tiene un grado “Excelente”, el Tramo 2 – Sentido E-O tiene un PCI 22 de lo que equivale a un grado de “Muy Malo”, el Sentido O-E tiene un PCI de 30 lo que

equivale a un grado de “Malo”. El Tramo 3 tiene un PCI de 26 lo que equivale a un grado de “Malo”, por lo que el pavimento no brinda un nivel de confort y seguridad adecuado.

- La auscultación en campo por medio del Ensayo DCP determinó que: en el Tramo 1 el material es “Medianamente Suelto” y “Suelto” con un CBR in situ máximo de 10,97%; en el Tramo 2 el CBR in situ máximo es de 7,66% y el material es “Medianamente denso”; y en el Tramo 3 el material es “Medianamente Suelto” y “Suelto”, y el CBR in situ máximo de este tramo es 9,05%.
- A través de la prospección geotécnica por medio de calicatas y ensayos granulométricos se determinó que las vías de estudio no cuentan con una estructura de pavimento adecuada, ya que la capa de rodadura se encuentra construida únicamente sobre terreno natural y no existe material de base o sub base granular.
- Los ensayos de materiales determinaron que la mayor parte del suelo de la subrasante tiene la característica de no plástico, que pertenece a la categoría S1 (en base a las especificaciones técnicas), y que su CBR es menor a 10%, por lo cual no es apto como material de subrasante.

### **Segundo Objetivo**

- Al tener en cuenta como premisa que la geometría de una vía es uno de los principales indicadores para evaluar su estado, se tomó las dimensiones actuales de la zona de estudio; a simple vista, y tomando en cuenta que ciertos tramos son aptos para brindar una capacidad vial y niveles de servicio efectivos, todo el trayecto no cuenta con las condiciones y

dimensionamiento vial que determina la normativa Ecuatoriana para Diseños Viales, en su mayoría, carece de un diseño vial adecuado y seguro, ni tampoco presenta señalización horizontal o vertical que permita orientar a los usuarios ante las situaciones con las que se pueden presentar a lo largo del camino.

- Se realizó una clasificación vehicular de los automóviles que transitan alrededor de la zona de estudio, por lo que, para el desarrollo del presente proyecto se llevó a cabo un aforo manual analizando el flujo, giros y sentidos por cada punto de control durante el periodo de una semana comprendida de martes a lunes por 24 horas para obtener datos más confiables, de esta manera se pudo obtener un T.P.D.A. para el primer tramo comprendido entre la Jacinto Jijón y Manuel Quiroga de 14935 vehículos mixtos/día/ambos sentidos; para el segundo tramo, en el sector del Fuerte Militar se obtuvo 9959 vehículos mixtos/día/ambos sentidos y 6064 vehículos mixtos/día/ambos sentidos en la Manuel Quiroga; donde la hora de mayor flujo vehicular suele ser de 16h00 a 17h00. Sin embargo, cada intersección tiene distintas horas pico debido a la movilidad y carga horaria laboral requerida; teniendo así dos horarios con mayor flujo para las intersecciones en donde ingresa el personal militar a sus funciones de 06h00 a 07h00 y a su salida de 16h00 a 17h00, en B.E. 68 “COTOPAXI”, B.E. 69 “CHIMBORAZO” y 15 BAE “PAQUISHA”. Análogamente se pudo visualizar un patrón similar en la Av. Manuel Quiroga, donde existe personal militar que sale de las Viviendas Fiscales, o también personal que ingresa a trabajar a las instalaciones del Complejo Independiente del Valle en el

horario de 08h00 a 09h00, y participando también en la hora pico de 16h00 a 17h00 cuando terminan su jornada laboral.

- Como resultado de la información de campo obtenida en la presente investigación, se pudo analizar la recurrencia a los giros permitidos en cada intersección, consiguiendo la composición de tráfico ocasionada y requerida. De esta manera, quedó en evidencia que la mayoría de los vehículos que transitan son livianos y buses de dominio público, de los cuales, alrededor del 60% cumplen este recorrido ( E35 – Antigua Vía a Amaguaña; Antigua Vía a Amaguaña – E35), 10% es un volumen retenido en el Fuerte Militar y alrededor del 30% pasan por las instalaciones del Complejo del IDV (Fajardo – Jacinto Jijón y Caamaño, Jacinto Jijón – Fajardo); además, hay una carga considerable de vehículos pesados que, si bien no recorren siempre toda la zona de estudio, trazan parte de su ruta hasta llegar a las fábricas industriales existentes en este sector, lo que sin medidas preventivas o de mantenimiento, ocasionan un deterioro en la calidad y capacidad vial.
- Como consecuencia de la reducida infraestructura vial existente, el nivel de servicio de esta zona de estudio muestra que los flujos de circulación en todo el tramo para ambas carreteras principales reconocidas como Jacinto Jijón y Caamaño y Manuel Quiroga es de tipo D; mediante el estudio de velocidad de punto realizado en cada tramo elegido, se pudo visualizar que se aproxima a 39 km/h lo que se reconoce como un flujo casi inestable, donde la velocidad de operación a pesar de ser satisfactoria aún, restringe al conductor comodidad y tener libertad de maniobrar.

- Dentro del análisis expuesto, se realizaron proyecciones de tráfico considerando que la presente investigación está enfocada en proyectos especiales de nuevas vías se calculó para un periodo de 30 años, en donde se tomó en cuenta el incremento vehicular y poblacional que se verá afectado, sobre todo, por el funcionamiento del Estadio del Complejo IDV, con lo cual, se realizó un análisis dinámico del tránsito actual y posible futuro que circulará en esta zona. Se ejecutaron escenarios en el software Aimsun para simulación y predicción, a los que se les asignó los volúmenes vehiculares establecidos para cada intersección, y las proyecciones de tráfico que se determinaron en el desarrollo de la presente investigación. En particular, se observó y comprobó las zonas donde se crean conflicto a determinadas horas, deduciendo que la Jacinto Jijón y Caamaño es una zona recurrente pues conecta con la vía principal E35 y el parque industrial presente en esta zona. Se pudo inferir que, en el caso de no aplicar medidas mitigadoras o preventivas y continuar con el mismo panorama, los puntos de conflicto incrementarían, así como el riesgo de que se produzcan colisiones y otros tipos de accidentes de tráfico indeseados.
- Se planteó una adecuación opcional al dimensionamiento del diseño vial, basado en los requerimientos de una carretera convencional básica y de mediana capacidad según amerita cada tramo recorrido en la zona de estudio, tomando en cuenta las dimensiones recomendadas por la NEVI para diseños viales.

### Tercer Objetivo

- La precipitación en donde se desarrolló el proyecto es de 206,9 mm, lo que significa que en este sector existe gran cantidad de agua superficial y se deberá colocar sistemas de drenajes para evitar daños en la infraestructura vial.
- Para el tercer tramo del proyecto que comprende la Av. Jacinto Jijón y Caamaño desde la entrada al Fuerte Militar hasta la intersección con la Carretera Panamericana E35, se evidenció un nivel freático elevado, por lo que vamos a considerar el diseño de una cuneta con el objeto de captar, conducir, y evacuar en forma adecuada los flujos de agua superficial.
- Se determinó que la subrasante para el tramo 1 tiene un porcentaje de 5.7%, para el tramo 2 la subrasante tiene un porcentaje de 7.5%, en el tramo 3 la subrasante tiene un porcentaje de 5%, con estos valores obtenemos una clasificación de subrasante de S1 para los tres tramos de nuestro proyecto.
- Mediante la correlación de módulos de resiliencia para la capa asfáltica, base granular y sub base granular se determinaron los coeficientes estructurales, con el fin de determinar el espesor de cada capa de estructura del pavimento.
- Es imprescindible que se genere de acuerdo a las características geométricas y las condiciones de la capa de rodadura, el mantenimiento rutinario a realizar, el mismo que consiste en la limpieza de cunetas y alcantarillas y al desalojo de materiales, para lo cual se utilizará el equipo caminero del EPMMOP del Distrito Metropolitano de Quito.

## Recomendaciones

### Segundo Objetivo

- Es de suma importancia hacer un reconocimiento previo del lugar a estudiar, donde se puedan establecer adecuadamente los puntos de control, se tenga una visión de los tipos vehículos que transitan para identificar y clasificar apropiadamente durante el conteo y una perspectiva de los posibles pros y contras que se pueden dar durante el transcurso de la investigación.
- Es necesario tomar en cuenta que la conservación de los caminos y carreteras es una acción que debería ser habitual, debido al desgaste y debilitamiento continuo de la capacidad vial, más aún, cuando existe presencia recurrente de maquinaria pesada que recorre esta ruta.
- Es pertinente analizar el tráfico futuro y sus posibles efectos que puedan proporcionar bases y suficiente información técnica en las cuales se pueden desarrollar diseños económicos para llevar a cabo un diseño geométrico vial.
- Es recomendable realizar un minucioso y revisado estudio del diseño geométrico de una vía, que permitan conocer las secciones transversales requeridas y su importancia económica.

## Referencias

- AASHTO. (2003). Diseño de Pavimentos(AASHTO 93). *AASHTO Design Procedures For New Pavements*.  
[https://www.academia.edu/34103801/DISENO\\_DE\\_PAVIMENTO\\_METODO\\_AASHTO\\_93\\_ESPANOL\\_1\\_](https://www.academia.edu/34103801/DISENO_DE_PAVIMENTO_METODO_AASHTO_93_ESPANOL_1_)
- Alvarez, J. and Calle, G. (2012). Estudio De Parámetros Hidráulicos E Hidrológicos Para El Dimensionamiento De Obras Para Drenaje Vial En La Via De Acceso Al Sector “La Unión” En Santa Isabel – Azuay. In *El Escorial*.  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4472>
- Bodero, C., Burgos, J. and Sánchez, R. (2010). *Historia e importancia del Transporte Terrestre en el Ecuador*. 2009–2010.
- Burgos, B. (2014). Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta s/r: Santa Elvira–El Arenal, en la comuna de Valdivia. *Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile*.  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38405574/deterioros\\_en\\_pavimentos.pdf?1438901293=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDETERIOROS\\_EN\\_PAVIMENTOS\\_FLEXIBLES\\_Y\\_RIG.pdf&Expires=1615652062&Signature=VRbZ4eJaT63mwjmaQWmyVAsb2qnYe5aLbnG7FqCuB2P](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38405574/deterioros_en_pavimentos.pdf?1438901293=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDETERIOROS_EN_PAVIMENTOS_FLEXIBLES_Y_RIG.pdf&Expires=1615652062&Signature=VRbZ4eJaT63mwjmaQWmyVAsb2qnYe5aLbnG7FqCuB2P)
- Cal y Mayor, R. and Cárdenas, J. (2015). Ingeniería de tránsito. In *Universidad del Valle* (7a. Edició, Vol. 9, Issue 9). Ediciones Alfaomega.
- Cal y Mayor, R. and Cárdenas, J. (2018). Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (9na. edici). Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.
- Cano, T. (2019). *ESTUDIO DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LA*

*INTERSECCIÓN DE LA AV. PORTETE CON LA AV. MILAGRO (17 AVA)  
UBICADA EN LA PARROQUIA FEBRES CORDERO DE LA CIUDAD DE  
GUAYAQUIL. Universidad de Guayaquil FACULTAD.*

Chiquito, P. (2014). *Estudios De Factibilidad Y Diseños Definitivos De La Via Laurel-*

*Junquilla: Vol. Informe de.* file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/estudio trafico.pdf

Das, B. M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Cuarta edición* (Issue I).

Elizalde, J. and Loor, J. (2018). *Escuela politécnica nacional.*

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19350>

Espinoza, L. (2018). *Análisis de alternativas en el diseño de pavimentos flexibles y*

*rígidos por el método AASHTO 93* [Universidad de Cuenca].

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30348>

Farinango, D. (2014). Universidad Central Del Ecuador. In *Universidad Central Del Ecuador.*

[https://repositorio.uce.edu.ec/archivos/neyazan/CodigoEtica/CodigoEtica2019.pdf%0Ahttp://repositorio.uce.edu.ec/archivos/sebonillaj/INFORMACION 2019-](https://repositorio.uce.edu.ec/archivos/neyazan/CodigoEtica/CodigoEtica2019.pdf%0Ahttp://repositorio.uce.edu.ec/archivos/sebonillaj/INFORMACION%202019-2020/PANEL%20PRINCIPAL/MANUALES%20DE%20PROCESOS/Sistema%20de%20para%20Proyectos%20de%20Vinculaci3n.pdf)

[http://repositorio.uce.edu.ec/archivos/sebonillaj/INFORMACION 2019-](http://repositorio.uce.edu.ec/archivos/sebonillaj/INFORMACION 2019-2020/PANEL PRINCIPAL/MANUALES DE PROCESOS/Sistema de para Proyectos de Vinculaci3n.pdf)

[2020/PANEL PRINCIPAL/MANUALES DE PROCESOS/Sistema de para Proyectos de Vinculaci3n.pdf](http://repositorio.uce.edu.ec/archivos/sebonillaj/INFORMACION 2019-2020/PANEL PRINCIPAL/MANUALES DE PROCESOS/Sistema de para Proyectos de Vinculaci3n.pdf)

GADPRA. (2020). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de*

*Amaguaña 2019-2023.* [http://www.amaguania.gob.ec/wp-](http://www.amaguania.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/PDOT-PARROQUIA-AMAGUAÑA-2020-FINAL.pdf)

[content/uploads/2020/08/PDOT-PARROQUIA-AMAGUAÑA-2020-FINAL.pdf](http://www.amaguania.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/PDOT-PARROQUIA-AMAGUAÑA-2020-FINAL.pdf)

Guerrero, C. (2020). *Análisis y Diseño del pavimento flexible por medio del Método de la*

*AASHTO-93* (Vol. 53, Issue 9).

HCM. (2000). Highway capacity manual. In *TRANSPORTATION RESEARCH BOARD*

*2000.* [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway\\_capacital\\_manual.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacital_manual.pdf)

INAMHI. (2015). Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas

de precipitación. *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*, 2.

[http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO\\_DE\\_INTENSIDADES\\_V\\_FINAL.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf)

INVIAS and Instituto Nacional de Vias. (2020). *Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles*.

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/11026-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-2020/file#:~:text=Se define el Nivel de,experimentan al usar la vía.>

Jerez, Á. and Morales, O. (2015). *Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de las intersecciones con mayor demanda en la ciudad de Azogues*.

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7704/1/UPS-CT004571.pdf>

Llanos, J. (2018). Análisis del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas con mayor afluencia de la Av. Hoyos Rubio. In *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA*.

Méndez, D. (2009). Definiciones para Velocidad en Ingeniería de Tránsito. In MSc. Ing. Douglas Méndez T. (Ed.), *Maestría en Vías Terrestres*.

Minaya, S. and Ordoñez, A. (2006). Estudio de Tránsito Para Diseño de Pavimentos. In *Diseño Moderno de Pavimentos*. <https://civilfree.blogspot.com/2016/07/disenomoderno-de-pavimentos-asfalticos.html>

MOP. (2002). Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes. In *Republica Del Ecuador Ministerio De Obras Publicas Y Comunicaciones Mop - 001-F 2002* (Vol. 3, Issue 9). [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013\\_ConcursoPublico\\_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf)

MTOP. (2003a). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. *Mtop*, 2, 475.

[https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisec3b1o-de-carretera\\_2003-ecuador.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisec3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf)

MTOP. (2003b). Normas de Diseño Geometrico de Carreteras. In *Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador*.

[https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisec3b1o-de-carretera\\_2003-ecuador.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisec3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf)

MTOP. (2013). Volumen No. 2 - Libro A Norma para estudios y diseños viales. *Ministerio de Transporte y Obras Públicas Del Ecuador, Volumen 2A*.

Nacevilla Toaquiza, L. J. (2018). *Evaluación Funcional y Estructural de Pavimentos Flexibles mediante Tecnología Termográfica y Método UAV* [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15050>

Noriega, A. and Villareal, K. (2017). Influencia del porcentaje de concreto reciclado en la estabilización de suelos arcillosos para la sub-rasante para un pavimento flexible, de una trocha de 10 km en los sectores de Alto Huallaga hasta La Merced, Laredo - La Libertad - 2020. In *Universidad Privada del Norte-Perú*.

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24325>

Palma, R. (2006). Aplicación del manual de capacidad de carreteras (HCM) versión 2000, para la evaluación del nivel de servicio de carreteras de dos carriles [Universidad de San Carlos de Guatemala]. In *Carreteras*.

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2614\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2614_C.pdf)

Quishpe, L. (2021). *Evaluación funcional y evaluación estructural del corredor vial Santo Domingo - 10 de agosto (E25) del tramo km 1+500 hasta el km 3+000* [Universidad de las Fuerzas Amardas ESPE].

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/24025>

Reyna Peña, P. (2015). *Propuesta De Mejora De Niveles De Servicio En Dos*

*Intersecciones.*

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581516/REYNA\\_P.P.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581516/REYNA_P.P.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rodríguez, E. D. (2009). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla. Piura. In *Universidad de Piura*.

[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI\\_180.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf)

Toledo, J. (2020). Evaluación funcional - estructural del pavimento del anillo de circunvalación vial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, mediante métodos convencionales y tecnología de alto rendimiento ensayo Falling Weight Deflectometer (FWD) y propuesta de reh. In *UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE* (Issue 1). <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/23396>

Viscarra Agreda, F. (2006). El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos. *Universidad Privada Boliviana*.

[https://www.academia.edu/28667223/EL\\_CONO\\_DINÁMICO\\_DE\\_PENETRACIÓN\\_Y\\_SU\\_APLICACIÓN\\_EN\\_LA\\_EVALUACIÓN\\_DE\\_SUELOS](https://www.academia.edu/28667223/EL_CONO_DINÁMICO_DE_PENETRACIÓN_Y_SU_APLICACIÓN_EN_LA_EVALUACIÓN_DE_SUELOS)

*Weather Atlas*. (2021). <https://www.weather-atlas.com/es>

Zevallos, P. (2014). *Estudio de tráfico, modelación y rediseño del trazado vial de la intersección en el redondel de la Plaza "General José Artigas*.

<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3266/1/000110451.pdf>

**Anexos**