

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA:  
“ESTUDIO DE TRAZADO DEFINITIVO Y FACTIBILIDAD PARA LA  
AMPLIACIÓN VIAL EN LA AVENIDA GENERAL ENRÍQUEZ, TRAMO  
SANGOLQUÍ – EL TRIÁNGULO, CON UNA LONGITUD DE 3 KM, EN LA  
PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN RUMIÑAHUI”**

**AUTOR:  
ALEX JAVIER SUNTAXI PAUCAR**

**TUTOR:  
BYRON IVÁN ALTAMIRANO LEÓN**

**Quito, agosto de 2021**

## **CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR**

Yo, Alex Javier Sntaxi Paucar con documento de identidad N° 1719698845, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “ESTUDIO DE TRAZADO DEFINITIVO Y FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN VIAL EN LA AVENIDA GENERAL ENRÍQUEZ, TRAMO SANGOLQUÍ – EL TRIÁNGULO, CON UNA LONGITUD DE 3 KM, EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN RUMIÑAHUI”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, agosto de 2021.




Alex Javier Sntaxi Paucar

1719698845

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación denominado, “ESTUDIO DE TRAZADO DEFINITIVO Y FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN VIAL EN LA AVENIDA GENERAL ENRÍQUEZ, TRAMO SANGOLQUÍ – EL TRIÁNGULO, CON UNA LONGITUD DE 3 KM, EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA, CANTÓN RUMIÑAHUI”, realizado por el estudiante Alex Javier Suntaxi Paucar, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, agosto de 2021.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Byron Iván Altamirano León', with a stylized flourish below it.

Ing. Byron Iván Altamirano León, MSc.

1709301590

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación lo dedico en primer lugar a Dios y a María Auxiliadora (ella lo ha hecho todo), quienes supieron guiarme y darme fuerzas para alcanzar este tan ansiado logro.

A mis padres Mónica (Moni) y Edwin (Pato), quienes, con amor, trabajo, comprensión y sacrificio, fueron el motor principal que día a día me vieron crecer hasta convertirme en el profesional que soy ahora.

A mis hermanos, por el apoyo moral brindado y para motivarlos a cumplir sus metas.

A mi abuelita (mamita) y a todas las personas en general que de la mejor manera supieron echarme una mano en este trayecto de mi vida.

*Alex Javier Suntaxi Paucar*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por todas las bendiciones derramadas sobre mí, las mismas que me ayudaron a superar momentos complicados y poner a las personas indicadas en mi vida.

Doy gracias a mis padres, hermanos y abuelita por todo el apoyo, cariño y paciencia brindada en el transcurso de mi vida, por sus consejos y valores inculcados que al día de hoy me han servido para ser un gran profesional.

Agradezco a mis compañeros con quienes compartí aulas y sumaron para culminar esta magnífica carrera, del mismo modo a una persona especial Lesly que ha tenido siempre la convicción de que lo podía lograr y me ha apoyado de la mejor manera a cumplir este gran objetivo de mi vida.

Agradezco a todos mis maestros educadores por compartir sus conocimientos en todo el trayecto de preparación profesional, de manera especial a mi maestro el Sr. Segundo Guanoliquín, quien con empatía, cordialidad, generosidad y gran conocimiento me ha ayudado a crecer profesionalmente y lo más importante como persona, a mi tutor por contribuir con su sabiduría en el desarrollo de este proyecto de titulación, al personal técnico del (GADMUR) quienes han sabido guiarme e impartir sus conocimientos profesionales con mucha humildad y bondad.

*Alex Javier Suntaxi Paucar*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |    |
|--|----|
| <b>CAPÍTULO I</b> .....                                | 1  |
| <b>ANTECEDENTES Y GENERALIDADES</b> .....              | 1  |
| 1.1. Planteamiento del problema.....                   | 1  |
| 1.2. Antecedentes.....                                 | 1  |
| 1.3. Justificación.....                                | 2  |
| 1.4. Alcance.....                                      | 4  |
| 1.5. Objetivos.....                                    | 5  |
| 1.5.1. Objetivo general.....                           | 5  |
| 1.5.2. Objetivos específicos.....                      | 6  |
| 1.6. Ubicación del proyecto.....                       | 7  |
| 1.6.1. Clima.....                                      | 9  |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....                               | 10 |
| <b>TOPOGRAFÍA</b> .....                                | 10 |
| 2.1. Antecedentes.....                                 | 10 |
| 2.2. Tipo de terreno.....                              | 10 |
| 2.2.1. Terreno plano.....                              | 10 |
| 2.2.2. Terreno ondulado.....                           | 11 |
| 2.2.3. Terreno montañoso.....                          | 11 |
| 2.2.4. Terreno escarpado.....                          | 11 |
| 2.3. Sistemas de coordenadas y equipos utilizados..... | 12 |
| 2.4. Ubicación del proyecto.....                       | 13 |
| 2.5. Hitos.....  | 14 |
| <b>CAPÍTULO III</b> .....                              | 18 |
| <b>ESTUDIO DE TRÁFICO</b> .....                        | 18 |
| 3.1. Antecedentes.....                                 | 18 |
| 3.2. Alcance.....                                      | 19 |
| 3.3. Metodología empleada.....                         | 19 |
| 3.3.1. Trabajo en campo.....                           | 20 |
| 3.3.2. Trabajo de gabinete.....                        | 21 |
| 3.4. Estaciones de conteo.....                         | 27 |
| 3.5. Tráfico promedio diario anual (TPDA).....         | 28 |
| 3.5.1. Factores de variación de tránsito.....          | 29 |
| 3.5.1.1. Determinación del factor diario (Fd).....     | 30 |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.5.1.2. Determinación del factor semanal (Fs) .....  | 32        |
| 3.5.1.3. Determinación del factor mensual (Fm) .....  | 32        |
| 3.5.2. Cálculo del TPDA utilizando los factores de variación del tráfico .....  | 32        |
| 3.6. Proyección del tráfico actual.....   | 33        |
| 3.6.1. Tasa de crecimiento vehicular .....  | 34        |
| 3.6.2. Tráfico atraído (Ta).....  | 36        |
| 3.6.3. Tráfico generado (Tg).....   | 36        |
| 3.6.4. Tráfico desarrollado (Td).....   | 37        |
| 3.7. Asignación de tráfico .....  | 37        |
| 3.8. Determinación de la clase de vía de acuerdo con el tráfico .....   | 40        |
| 3.9. Cálculo de los ejes equivalentes por el método AASHTO .....  | 41        |
| 3.9.1. Cálculo de los ejes equivalentes para pavimento flexible por el método AASHTO<br>SIMPLIFICADO para un periodo de 20 años ..... | 41        |
| 3.9.1.1. Factor de equivalencia de carga por el método AASHTO simplificado .....  | 42        |
| 3.9.2. Obtención de ESAL's por el método AASHTO simplificado.....   | 43        |
| 3.9.3. ESAL's de diseño .....   | 44        |
| 3.9.3.1. Factor de dirección.....   | 44        |
| 3.9.3.2. Factor carril.....   | 45        |
| <b>CAPÍTULO IV</b> .....  | <b>48</b> |
| <b>ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO</b> .....   | <b>48</b> |
| 4.1. Localización del proyecto .....  | 48        |
| 4.2. Información climática .....  | 50        |
| 4.3. Geomorfología .....  | 50        |
| 4.4. Descripción geológica.....   | 51        |
| 4.5. Riesgos naturales .....  | 52        |
| 4.5.1. Susceptibilidad a sismos .....   | 53        |
| 4.5.2. Susceptibilidad a volcanismo.....  | 55        |
| 4.5.3. Susceptibilidad a inundaciones .....   | 58        |
| 4.6. Caracterización de la subrasante .....   | 59        |
| 4.6.1. Trabajo en campo.....  | 59        |
| 4.6.2. Trabajo en laboratorio.....  | 60        |
| 4.6.2.1. Contenido de humedad .....   | 61        |
| 4.6.2.2. Granulometría .....  | 61        |
| 4.6.2.3. Límites de consistencia .....  | 62        |
| 4.6.2.3.1. Límite líquido (LL, WL).....   | 63        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.6.2.3.2. Límite Plástico (PL, WP).....  | 63        |
| 4.6.2.4. Clasificación de suelos SUCS.....  | 63        |
| 4.6.2.5. Clasificación de suelos AASHTO .....   | 65        |
| 4.6.2.6. Perfil estratigráfico.....   | 66        |
| 4.6.2.7. Nivel freático .....   | 67        |
| 4.6.2.8. Proctor modificado.....  | 67        |
| 4.6.2.9. CBR.....   | 68        |
| 4.7. Identificación de los materiales que intervienen diseño estructural del pavimento flexible por el método AASHTO 93 ..... | 70        |
| 4.7.1. Subrasante .....   | 70        |
| 4.7.2. Sub-base.....  | 71        |
| 4.7.2.1. Sub-base clase 1 .....   | 71        |
| 4.7.2.2. Sub-base clase 2 .....   | 72        |
| 4.7.2.3. Sub-base clase 3.....  | 72        |
| 4.7.3. Base.....  | 73        |
| 4.7.3.1. Base clase 1 .....   | 73        |
| 4.7.3.2. Base clase 2.....  | 74        |
| 4.7.3.3. Base clase 3.....  | 75        |
| 4.7.3.4. Base clase 4.....  | 75        |
| 4.7.4. Carpeta asfáltica.....   | 76        |
| 4.8. Fuentes de material pétreo .....   | 76        |
| 4.8.1. Localización de las canteras.....  | 77        |
| 4.8.2. Clasificación de los materiales de la mina .....   | 78        |
| <b>CAPÍTULO V.....</b>  | <b>82</b> |
| <b>DISEÑO DE PAVIMENTO .....</b>  | <b>82</b> |
| 5.1. Generalidades.....   | 82        |
| 5.2. Estado actual de la estructura de pavimento .....  | 83        |
| 5.3. Variables de diseño para pavimento flexible por el método AASHTO 93.....   | 87        |
| 5.3.1. Periodo de vida .....  | 87        |
| 5.3.2. Periodo de diseño .....  | 87        |
| 5.3.3. Número de ejes equivalentes de 8.2 Ton .....   | 87        |
| 5.3.4. Concepto de serviciabilidad .....  | 87        |
| 5.3.5. Nivel de confianza (R%).....   | 89        |
| 5.3.6. Desviación estándar (So) y desviación normal estándar (Zr) .....   | 89        |
| 5.3.7. Coeficiente de drenaje (Cd) .....  | 91        |

|   |            |
|---|------------|
| 5.3.8. Módulo resiliente de la subrasante.....  | 92         |
| 5.3.9. Determinación del coeficiente estructural para carpeta asfáltica (a1) .....                                      | 93         |
| 5.3.10. Determinación del coeficiente estructural (a2) y del módulo resiliente (Mr2) para la base granular              | 94         |
| 5.3.11. Determinación del coeficiente estructural (a3) y del módulo resiliente (Mr3) para la sub-base granular .....    | 95         |
| 5.4. Determinación de los números estructurales .....   | 96         |
| 5.4.1. Número estructural para la capa de rodadura (SN1).....   | 96         |
| 5.4.2. Número estructural para la capa de base (SN2).....   | 98         |
| 5.4.3. Número estructural para la capa de sub-base (SN3).....   | 99         |
| 5.5. Determinación de los espesores de cada capa.....   | 100        |
| 5.5.1. Cálculo del espesor de la carpeta asfáltica (D1) .....   | 100        |
| 5.5.2. Cálculo del espesor de la base (D2).....   | 101        |
| 5.5.3. Cálculo del espesor de la Sub-base (D3) .....  | 102        |
| 5.5.4. Espesores mínimos sugeridos por la normativa AASHTO 93 para las capas de concreto asfáltico y base granular..... | 102        |
| 5.5.5. Espesores propuestos para la estructura de pavimento flexible.....   | 103        |
| <b>CAPÍTULO VI.....</b>   | <b>104</b> |
| <b>DISEÑO GEOMÉTRICO.....</b>   | <b>104</b> |
| 6.1. Generalidades.....   | 104        |
| 6.2. Alineamiento horizontal.....   | 105        |
| 6.2.1. Velocidad de diseño (VD) .....   | 105        |
| 6.2.2. Velocidad de circulación (VC) .....  | 107        |
| 6.2.3. Peralte (e).....   | 108        |
| 6.2.4. Coeficiente de fricción lateral (f).....   | 108        |
| 6.2.5. Radio mínimo de curvatura horizontal (R) .....   | 109        |
| 6.2.6. Distancias de visibilidad .....  | 110        |
| 6.2.6.1. Distancias de visibilidad de parada (d).....   | 111        |
| 6.2.6.2. Distancias de visibilidad para rebasamiento de un vehículo .....   | 112        |
| 6.3. Sección transversal.....   | 116        |
| 6.3.1. Ancho de calzada .....   | 116        |
| 6.3.2. Parterre.....  | 117        |
| 6.3.3. Espaldones .....   | 118        |
| 6.3.4. Cunetas.....   | 119        |
| 6.3.5. Gradiente transversal .....  | 120        |
| 6.3.6. Sección transversal adoptada para la vía .....   | 120        |

|  |     |
|--|-----|
| 6.3.7. Tangentes .....   | 121 |
| 6.3.8. Curvas circulares.....  | 121 |
| 6.3.8.1. Elementos de una curva circular simple .....                    | 122 |
| 6.3.9. Resultados de las curvas del diseño horizontal del proyecto ..... | 123 |
| 6.4. Alineamiento vertical.....  | 124 |
| 6.4.1. Gradientes .....  | 124 |
| 6.4.1.1. Gradiente máxima.....   | 124 |
| 6.4.1.2. Gradiente mínima.....   | 125 |
| 6.4.2. Curvas verticales cóncavas .....                                  | 126 |
| 6.4.3. Curvas verticales convexas .....                                  | 127 |
| 6.4.4. Resultados del diseño vertical.....                               | 129 |
| 6.5. Taludes .....   | 129 |
| 6.6. Volúmenes de corte y relleno .....                                  | 130 |
| 6.7. Curva de masas .....  | 133 |
| 6.7.1. Distancia de acarreo gratis o libre.....                          | 134 |
| 6.7.2. Distancia de sobre-acarreo .....                                  | 134 |
| <b>CAPÍTULO VII</b> .....  | 135 |
| <b>DISEÑO HIDRÁULICO</b> .....   | 135 |
| 7.1. Alcance .....   | 135 |
| 7.2. Información básica para el diseño.....                              | 136 |
| 7.3. Estado actual de redes del sistema de agua potable .....            | 136 |
| 7.3.1. Descripción de parámetros técnicos.....                           | 137 |
| 7.4. Obras de drenaje .....  | 137 |
| 7.5. Drenaje longitudinal.....   | 138 |
| 7.6. Drenaje transversal.....  | 138 |
| 7.7. Dimensionamiento de las obras de drenaje.....                       | 138 |
| 7.7.1. Intensidad de precipitación para un periodo de retorno .....      | 139 |
| 7.7.1.1. Periodo de retorno.....   | 139 |
| 7.7.1.2. Tiempo de concentración.....                                    | 141 |
| 7.7.1.3. Intensidad de lluvia (curvas IDF) .....                         | 141 |
| 7.7.2. Coeficiente de escorrentía (C) .....                              | 144 |
| 7.7.3. Áreas de aportación.....  | 146 |
| 7.7.4. Caudal de diseño .....  | 146 |
| 7.7.4.1. Método racional .....   | 146 |
| 7.7.5. Diseño de sumideros .....   | 147 |

|   |     |
|---|-----|
| 7.7.5.1. Tipos de sumideros .....                                     | 147 |
| 7.7.5.2. Elección del tipo de sumideros .....                         | 148 |
| 7.7.5.3. Descripción del sumidero elegido (sumidero de ventana) ..... | 149 |
| 7.7.5.4. Ubicación y espaciamiento de sumideros .....                 | 150 |
| 7.7.5.4.1. Criterios.....   | 151 |
| 7.7.5.4.2. Espaciamiento .....  | 151 |
| 7.7.5.5. Diseño de sumidero lateral o de ventana .....                | 152 |
| 7.7.5.5.1. Variables y condiciones a cumplirse en el diseño .....     | 152 |
| 7.7.5.5.2. Método de diseño (Método Hsiung-Li) .....                  | 154 |
| 7.7.5.6. Diseño de la tubería de conexión (sumidero-pozo) .....       | 164 |
| 7.7.6. Volúmenes de obra .....  | 165 |
| <b>CAPÍTULO VIII</b> .....  | 166 |
| <b>SEÑALIZACIÓN VIAL</b> .....  | 166 |
| 8.1. Normativa recomendada para la señalización vial.....             | 166 |
| 8.2. Señalización horizontal .....                                    | 166 |
| 8.2.1. Clasificación .....  | 167 |
| 8.2.1.1. Líneas longitudinales .....                                  | 167 |
| 8.2.1.1.1. Líneas de separación de flujos opuestos .....              | 168 |
| 8.2.1.1.2. Líneas de separación de carriles .....                     | 170 |
| 8.2.1.1.3. Líneas de continuidad .....                                | 171 |
| 8.2.1.1.4. Líneas de borde de calzada .....                           | 173 |
| 8.2.1.2. Líneas transversales .....                                   | 175 |
| 8.2.1.2.1. Líneas de pare .....                                       | 175 |
| 8.2.1.2.2. Líneas de ceda el paso.....                                | 177 |
| 8.2.1.2.3. Líneas de detención.....                                   | 179 |
| 8.2.1.2.4. Líneas de cruce peatonal .....                             | 180 |
| 8.2.1.3. Símbolos y leyendas .....                                    | 182 |
| 8.2.1.4. Otras señalizaciones.....                                    | 184 |
| 8.3. Señalización vertical .....                                      | 185 |
| 8.3.1. Clasificación de señales verticales.....                       | 185 |
| 8.3.1.1. Señales regulatorias (R) .....                               | 186 |
| 8.3.1.1.1. Serie de prioridad de paso (R1) .....                      | 186 |
| 8.3.1.1.2. Serie de movimiento y dirección (R2) .....                 | 187 |
| 8.3.1.1.3. Serie de límites máximos (R4).....                         | 191 |
| 8.3.1.1.4. Series de estacionamiento (R5).....                        | 192 |

|  |            |
|--|------------|
| 8.3.1.2. Señales preventivas “advertencia de peligro” (P).....                   | 193        |
| 8.3.1.2.1. Serie de intersecciones y empalmes (P2).....                          | 194        |
| 8.3.1.2.2. Serie de aproximación a dispositivos de control de tránsito (P3)..... | 196        |
| 8.3.1.2.3. Serie de anchos, alturas, largos y pesos (P4).....                    | 197        |
| 8.3.1.3. Señales informativas.....   | 197        |
| 8.3.1.3.1. Nombres de avenidas y calles (Nomenclaturas) (I1-3b).....             | 197        |
| 8.3.1.3.2. Serie de carreteras y/o autopistas.....                               | 198        |
| 8.4. Especificaciones técnicas.....  | 199        |
| 8.4.1. Especificaciones respecto a la señalización horizontal.....               | 199        |
| 8.4.1.1. Marcas permanentes del pavimento.....                                   | 199        |
| 8.4.1.1.1. Generales.....  | 199        |
| 8.4.1.1.2. Método de medida.....   | 199        |
| 8.4.1.1.3. Pago.....   | 200        |
| 8.4.2. Especificaciones respecto a la señalización vertical.....                 | 200        |
| 8.4.2.1. Semáforos y sistema de iluminación.....                                 | 200        |
| 8.4.2.1.1. Generales.....  | 200        |
| 8.4.2.1.2. Método de medida.....   | 200        |
| 8.4.2.1.3. Pago.....   | 200        |
| 8.4.2.2. Señales al lado de la carretera.....                                    | 201        |
| 8.4.2.2.1. Descripción.....  | 201        |
| 8.4.2.2.2. Instalación de postes.....  | 201        |
| 8.4.2.2.3. Instalación de placas para señales.....                               | 201        |
| 8.4.2.2.4. Medición.....   | 201        |
| 8.4.2.2.5. Pago.....   | 201        |
| 8.5. Materiales usados para señalización horizontal y vertical.....              | 202        |
| 8.5.1. Pintura para señalamiento de tránsito.....                                | 202        |
| 8.5.2. Postes metálicos.....   | 202        |
| 8.6. Resumen de la ubicación de señalización.....                                | 202        |
| 8.7. Determinación de cantidades.....  | 204        |
| <b>CAPÍTULO IX.....</b>  | <b>206</b> |
| <b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>   | <b>206</b> |
| 9.1. Introducción.....   | 206        |
| 9.2. Ficha ambiental.....  | 206        |
| 9.3. Marco legal ambiental.....  | 209        |
| 9.4. Descripción del proyecto.....   | 210        |

|   |            |
|---|------------|
| 9.5. Descripción del proceso .....                            | 210        |
| 9.5.1. Identificación de los impactos ambientales .....       | 210        |
| 9.6. Descripción del área de implantación .....               | 212        |
| 9.6.1. Área de implantación física .....                      | 212        |
| 9.6.2. Geomorfología del área de implantación .....           | 212        |
| 9.6.3. Uso del suelo en el área de estudio .....              | 213        |
| 9.6.4. Hidrología en el área de influencia del proyecto ..... | 213        |
| 9.6.5. Área de implantación biótica .....                     | 213        |
| 9.7. Área de implantación social .....                        | 214        |
| 9.7.1. Población.....   | 214        |
| 9.7.2. Infraestructura social.....                            | 214        |
| 9.8. Principales impactos ambientales .....                   | 214        |
| 9.9. Plan de manejo ambiental .....                           | 215        |
| 9.9.1. Plan de prevención y remediación de impactos .....     | 216        |
| 9.9.2. Plan de manejo de desechos sólidos .....               | 218        |
| 9.9.3. Plan de instrucción y educación ambiental .....        | 219        |
| 9.9.4. Plan de vinculación comunitaria .....                  | 220        |
| 9.9.5. Plan de rehabilitación de áreas perjudicadas .....     | 221        |
| 9.9.6. Plan de cierre, abandono y entrega .....               | 222        |
| 9.10. Evaluación de los impactos ambientales.....             | 223        |
| 9.10.1. Variación de la calidad ambiental.....                | 223        |
| 9.10.2. Duración del impacto .....                            | 223        |
| 9.10.3. Intensidad del impacto .....                          | 224        |
| 9.10.4. Extensión del impacto.....                            | 224        |
| 9.10.5. Reversibilidad del impacto .....                      | 224        |
| 9.10.6. Riesgo del impacto.....                               | 225        |
| 9.10.7. Magnitud .....  | 226        |
| 9.10.8. Importancia .....                                     | 226        |
| 9.10.9. Severidad.....  | 227        |
| 9.10.10. Asignación de valores para impactos ambientales..... | 228        |
| 9.11. Cronograma valorado del plan de manejo ambiental .....  | 230        |
| <b>CAPÍTULO X.....</b>  | <b>231</b> |
| <b>ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO .....</b>                  | <b>231</b> |
| 10.1. Análisis de precios unitarios .....                     | 231        |
| 10.1.1. Costos directos .....                                 | 231        |

|  |            |
|--|------------|
| 10.1.2. Costos indirectos.....                                 | 232        |
| 10.2. Presupuesto de obra .....                                | 232        |
| 10.2.1. Cantidades de obra.....                                | 232        |
| 10.3. Cronograma valorado de ejecución .....                   | 234        |
| 10.4. Cálculo de beneficios valorados y ahorro del tiempo..... | 234        |
| 10.4.1. Costo de amortiguador.....                             | 235        |
| 10.4.2. Costo sistema de frenos .....                          | 236        |
| 10.4.3. Ahorro en el tiempo de viaje.....                      | 237        |
| 10.4.4. Costo por servicios de taxis .....                     | 238        |
| 10.4.5. Plusvalía.....   | 238        |
| 10.5. Evaluación económica financiera .....                    | 239        |
| 10.5.1. Mantenimiento vial .....                               | 239        |
| 10.5.2. Valor actual neto (VAN).....                           | 241        |
| 10.5.3. Tasa interna de retorno (TIR) .....                    | 243        |
| 10.5.4. Relación beneficio-costo (B/C).....                    | 244        |
| 10.6. Fórmula polinómica.....                                  | 245        |
| 10.7. Cronograma valorado del proyecto.....                    | 248        |
| 10.8. Ruta crítica.....  | 248        |
| 10.9. Especificaciones técnicas.....                           | 248        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>                                       | <b>249</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>                                   | <b>252</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>  | <b>254</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>258</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| <b>Tabla 1</b>  | Coordenadas de Ubicación del Proyecto Para Trazado Definitivo.....  | 8  |
| <b>Tabla 2</b>  | Coordenadas de Ubicación del Proyecto a Nivel de Factibilidad.....  | 9  |
| <b>Tabla 3</b>  | Especificaciones Técnicas de la Estación Total Utilizada.....   | 12 |
| <b>Tabla 4</b>  | Especificaciones de la Ubicación del Proyecto en Coordenadas UTM.....   | 14 |
| <b>Tabla 5</b>  | Coordenadas de Ubicación de los Puntos GPS.....   | 14 |
| <b>Tabla 6</b>  | Restricción Vehicular Actual.....   | 19 |
| <b>Tabla 7</b>  | Datos del Conteo Automático 1 en Sentido Norte - Sur.....   | 22 |
| <b>Tabla 8</b>  | Datos del Conteo Automático 2 en Sentido Sur - Norte.....   | 23 |
| <b>Tabla 9</b>  | Tasa de Crecimiento Vehicular del Cantón Rumiñahui.....   | 24 |
| <b>Tabla 10</b> | Datos del Conteo Automático 1 en Sentido Norte – Sur Proyectados al Año 2020  | 24 |
| <b>Tabla 11</b> | Datos del Conteo Automático 2 en Sentido Sur – Norte Proyectados al Año 2020  | 25 |
| <b>Tabla 12</b> | Clasificación del Conteo Automático 1, Sentido Norte – Sur.....   | 26 |
| <b>Tabla 13</b> | Clasificación del Conteo Automático 2, Sentido Sur – Norte.....   | 26 |
| <b>Tabla 14</b> | Estación de Contadores Automáticos.....   | 28 |
| <b>Tabla 15</b> | Datos del Conteo Automático 1, para la Av. Abdón Calderón en Sentido Oeste-<br>Este, Proyectados al Año 2020.....   | 30 |
| <b>Tabla 16</b> | Datos del Conteo Automático 2, para la Av. Abdón Calderón en Sentido Este-<br>Oeste, Proyectados al Año 2020.....   | 31 |
| <b>Tabla 17</b> | Tasa de Crecimiento Vehicular.....  | 34 |
| <b>Tabla 18</b> | Proyección del Tráfico a 10 y 20 Años en el Sentido Norte - Sur.....  | 35 |
| <b>Tabla 19</b> | Proyección del Tráfico a 10 y 20 Años en el Sentido Sur - Norte.....  | 35 |
| <b>Tabla 20</b> | Tráfico de Diseño para Diferentes Periodos en Sentido Norte - Sur.....  | 37 |
| <b>Tabla 21</b> | Tráfico de Diseño para Diferentes Periodos en Sentido Sur - Norte.....  | 38 |
| <b>Tabla 22</b> | Tráfico de Diseño Según el Tipo de Vehículo en Sentido Norte - Sur.....   | 39 |
| <b>Tabla 23</b> | Tráfico de Diseño Según el Tipo de Vehículo en Sentido Sur - Norte.....   | 39 |
| <b>Tabla 24</b> | Clasificación de Carreteras en Función del Tráfico Proyectado (TPDA).....   | 40 |
| <b>Tabla 25</b> | Clasificación de la Vía Respecto a su Función y al TPDA de Diseño.....  | 41 |
| <b>Tabla 26</b> | Fórmulas Simplificadas para el Cálculo del Factor de Equivalencia de Carga por<br>cada Tipo de Eje, Utilizando el Criterio de la Ley de la Cuarta Potencia..... | 42 |
| <b>Tabla 27</b> | Cálculo del ESAL's para el Año base en el Sentido Norte-Sur.....  | 43 |
| <b>Tabla 28</b> | Cálculo del ESAL's para el Año base en el Sentido Sur-Norte.....  | 43 |
| <b>Tabla 29</b> | Factor Dirección.....   | 45 |
| <b>Tabla 30</b> | Factor de Distribución por Carril.....  | 46 |
| <b>Tabla 31</b> | Cálculo del ESAL's de Diseño para un Periodo de 10 Años en Sentido Norte-Sur  | 46 |
| <b>Tabla 32</b> | Cálculo del ESAL's de Diseño para un Periodo de 10 Años en Sentido Sur-Norte  | 46 |
| <b>Tabla 33</b> | Cálculo del ESAL's de Diseño para un Periodo de 20 Años en Sentido Norte-Sur  | 47 |
| <b>Tabla 34</b> | Cálculo del ESAL's de Diseño para un Periodo de 20 Años en Sentido Sur-Norte  | 47 |
| <b>Tabla 35</b> | Coordenadas de Ubicación del Proyecto para Trazado Definitivo.....  | 48 |
| <b>Tabla 36</b> | Coordenadas de Ubicación del Proyecto a Nivel de Factibilidad.....  | 48 |
| <b>Tabla 37</b> | Factores Climáticos del Cantón Rumiñahui.....   | 50 |
| <b>Tabla 38</b> | Eventos Sísmicos Importantes del Cantón Rumiñahui.....  | 54 |
| <b>Tabla 39</b> | Espaciamiento Aproximado de las Perforaciones.....  | 59 |
| <b>Tabla 40</b> | Ubicación de Calicatas.....   | 60 |
| <b>Tabla 41</b> | Ensayos de Laboratorio.....   | 60 |
| <b>Tabla 42</b> | Resultados del Contenido de Humedad.....  | 61 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 43</b> Resultados Resumidos de la Distribución Granulométrica .....  | 62  |
| <b>Tabla 44</b> Resultados de los Límites de Atterberg .....  | 63  |
| <b>Tabla 45</b> Resultados de Clasificación de Suelos SUCS.....   | 64  |
| <b>Tabla 46</b> Resultados de Clasificación de Suelos AASHTO .....  | 65  |
| <b>Tabla 47</b> Resultados del Ensayo Proctor Modificado.....   | 67  |
| <b>Tabla 48</b> Resultados del Ensayo CBR .....   | 68  |
| <b>Tabla 49</b> Clasificación de Suelos de Acuerdo al Valor del CBR.....  | 69  |
| <b>Tabla 50</b> Clasificación de las Muestras Ensayadas de Acuerdo al Valor del CBR .....   | 69  |
| <b>Tabla 51</b> CBR de Diseño .....   | 69  |
| <b>Tabla 52</b> Porcentaje en Peso que Pasa A través de los Tamices de Malla Cuadrada que Debe Cumplir la Sub-base.....                               | 72  |
| <b>Tabla 53</b> Porcentaje en Peso que Pasa los Tamices de Malla Cuadrada para Base Clase 1 ...   | 74  |
| <b>Tabla 54</b> Porcentaje en Peso que Pasa a Través de los Tamices para Base Clase 2 .....   | 74  |
| <b>Tabla 55</b> Porcentaje en Peso que Pasa A través de los Tamices de Malla Cuadrada para Base Clase 3.....  | 75  |
| <b>Tabla 56</b> Porcentaje en Peso que Pasa A través de los Tamices de Malla Cuadrada para Base Clase 4.....  | 76  |
| <b>Tabla 57</b> Ubicación de las Canteras Recomendadas para el Proyecto.....  | 77  |
| <b>Tabla 58</b> Coeficiente de Desgaste de la Sub-base, de Acuerdo al Ensayo de Abrasión.....   | 78  |
| <b>Tabla 59</b> Coeficiente de Desgaste de la Base, de Acuerdo al Ensayo de Abrasión.....   | 78  |
| <b>Tabla 60</b> Valores de CBR para Base y Sub-base .....   | 79  |
| <b>Tabla 61</b> Especificación para Sub-base Clase 3.....   | 79  |
| <b>Tabla 62</b> Especificación para Base Clase 3, de Acuerdo a la Tabla 404-1.4 de la Normativa NEVI-12-MTOP .....                                    | 80  |
| <b>Tabla 63</b> Coordenadas de Ubicación de la Excavación Manual para Conocer el Estado Actual de la Estructura del Pavimento.....                    | 84  |
| <b>Tabla 64</b> Resultados Obtenidos de la Estructura Actual del Pavimento Flexible.....  | 86  |
| <b>Tabla 65</b> Índice de Serviciabilidad Inicial de Diseño (Po) .....  | 88  |
| <b>Tabla 66</b> Índice de Serviciabilidad Final de Diseño (Pt) .....  | 88  |
| <b>Tabla 67</b> Niveles de Confianza Recomendados para Distintas Clasificaciones Funcionales.   | 89  |
| <b>Tabla 68</b> Valores de Desviación Estándar (So) .....   | 90  |
| <b>Tabla 69</b> Valores de Desviación Normal Estándar (So) .....  | 90  |
| <b>Tabla 70</b> Valores de Precipitación, Estación Pluviométrica Uyumbicho M0113.....   | 91  |
| <b>Tabla 71</b> Coeficientes de Drenaje (Cd).....   | 92  |
| <b>Tabla 72</b> Espesores Mínimos de Carpeta Asfáltico y Base Granular Sugeridos por AASHTO 93.....   | 103 |
| <b>Tabla 73</b> Velocidades de Diseño en Función del TPDA y el Tipo de Terreno.....   | 106 |
| <b>Tabla 74</b> Relaciones entre la Velocidad de diseño y la Velocidad de Circulación.....  | 107 |
| <b>Tabla 75</b> Coeficientes de Fricción Lateral .....  | 108 |
| <b>Tabla 76</b> Radio Mínimo de Curvatura Horizontal (R).....   | 110 |
| <b>Tabla 77</b> Distancia de Visibilidad Mínima para Parada de un Vehículo, (Criterio de Diseño: Pavimentos Mojados y Gradiente Horizontal (0%))..... | 112 |
| <b>Tabla 78</b> Distancia Mínima de Visibilidad para el Rebasamiento de un Vehículo .....   | 115 |
| <b>Tabla 79</b> Valores de Diseño para el Ancho de Calzada.....   | 117 |
| <b>Tabla 80</b> Valores de Diseño para el Ancho de Espaldones.....  | 119 |
| <b>Tabla 81</b> Parámetros de la Sección Transversal Adoptada.....  | 120 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 82</b> Resultados de las Curvas del Diseño Horizontal del Proyecto 1 (Sentido Norte - Sur).....              | 123 |
| <b>Tabla 83</b> Resultados de las Curvas del Diseño Horizontal del Proyecto 2 (Sentido Norte - Sur).....              | 123 |
| <b>Tabla 84</b> Resultados de las Curvas del Diseño Horizontal del Proyecto 1 (Sentido Sur - Norte) .....             | 123 |
| <b>Tabla 85</b> Resultados de las Curvas del Diseño Horizontal del Proyecto 2 (Sentido Sur - Norte) .....             | 124 |
| <b>Tabla 86</b> Valores para Gradientes Máximas .....   | 125 |
| <b>Tabla 87</b> Valores de K para las Curvas Verticales Cóncavas .....  | 126 |
| <b>Tabla 88</b> Valores de K para las Curvas Verticales Convexas.....   | 128 |
| <b>Tabla 89</b> Resultados de Curvas Verticales Obtenidas del Diseño .....  | 129 |
| <b>Tabla 90</b> Valores Recomendados para el Diseño de Taludes en Terreno Planos .....                                | 130 |
| <b>Tabla 91</b> Volúmenes de Corte y Relleno del Proyecto .....   | 131 |
| <b>Tabla 92</b> Periodo de Retorno de Acuerdo con la Normativa NEVI 12 .....  | 140 |
| <b>Tabla 93</b> Periodo de Retorno de Acuerdo con la Normativa EMAAP .....  | 140 |
| <b>Tabla 94</b> Ecuaciones Representativas Correspondiente a la Estación M0113 Uyumbicho..                            | 142 |
| <b>Tabla 95</b> Intensidades Máximas en 24 Horas para Varios Periodos de Retorno de la Estación M0113 Uyumbicho ..... | 143 |
| <b>Tabla 96</b> Coeficientes de Escorrentía para un Área Urbana .....   | 144 |
| <b>Tabla 97</b> Coeficientes de Escorrentía Según las Características de la Superficie .....                          | 145 |
| <b>Tabla 98</b> Tipos de Sumideros .....  | 148 |
| <b>Tabla 99</b> Espaciamiento de Sumideros. ....  | 151 |
| <b>Tabla 100</b> Coeficientes de Rugosidad de Manning Según el Tipo de Superficie.....                                | 152 |
| <b>Tabla 101</b> Capacidad en litros por segundo con distintas depresiones. ....                                      | 153 |
| <b>Tabla 102</b> Velocidades Máximas Admisibles en Canales y Cunetas Revestidas .....                                 | 154 |
| <b>Tabla 103</b> Valor del Coeficiente (K) en Función de (z) .....  | 156 |
| <b>Tabla 104</b> Resumen de los Sumideros Ubicados a lo Largo de la Vía .....   | 163 |
| <b>Tabla 105</b> .....  | 165 |
| <b>Tabla 106</b> .....  | 165 |
| <b>Tabla 107</b> Relación Señalización Línea de Separación de Circulación Opuesta Segmentada .....                    | 168 |
| <b>Tabla 108</b> Relación Entre Señalización y Brecha Respecto a una Línea de Separación de Carril .....              | 171 |
| <b>Tabla 109</b> Símbolos y Leyendas (Flechas) .....  | 182 |
| <b>Tabla 110</b> Datos de Señalización, Sentido de Ampliación Norte - Sur (Lado Derecho).....                         | 202 |
| <b>Tabla 111</b> Datos De Señalización, Sentido de Ampliación Norte - Sur (Parterre).....                             | 203 |
| <b>Tabla 112</b> Datos De Señalización, Sentido Sur – Norte (Lado derecho).....                                       | 203 |
| <b>Tabla 113</b> Datos De Señalización, Sentido Sur – Norte (Parterre).....   | 204 |
| <b>Tabla 114</b> Resumen de Cantidades de Señalización Vertical .....   | 204 |
| <b>Tabla 115</b> Resumen de Cantidades de Señalización Global .....   | 205 |
| <b>Tabla 116</b> Ficha Ambiental: Identificación .....  | 206 |
| <b>Tabla 117</b> Ficha Ambiental para la Ampliación Vial de la Av. General Enríquez.....                              | 207 |
| <b>Tabla 118</b> Identificación de los Impactos Ambientales del Proyecto .....  | 211 |
| <b>Tabla 119</b> Principales Impactos Ambientales .....   | 214 |
| <b>Tabla 120</b> Plan de Prevención y Mitigación de Impactos Ambiental 1 .....  | 216 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 121</b> Plan de Prevención y Mitigación de Impactos Ambiental 2.....                       | 217 |
| <b>Tabla 122</b> Plan de Manejo de Desechos Sólidos .....   | 218 |
| <b>Tabla 123</b> Plan de Capacitación y Educación Ambiental .....                                   | 219 |
| <b>Tabla 124</b> Plan de Vinculación Comunitaria .....  | 220 |
| <b>Tabla 125</b> Plan de Rehabilitación de Áreas Perjudicadas.....                                  | 221 |
| <b>Tabla 126</b> Plan de Cierre, Abandono y Entrega.....  | 222 |
| <b>Tabla 127</b> Riesgo de Impacto Ambiental.....   | 225 |
| <b>Tabla 128</b> Valoración de las Variables de Magnitud para el Cálculo de Impacto Ambiental ..... | 226 |
| <b>Tabla 129</b> Rango de Comparación entre Importancia y Magnitud.....                             | 227 |
| <b>Tabla 130</b> Resultado de Severidad.....  | 227 |
| <b>Tabla 131</b> Valores Asignados a Posibles Impactos Ambientales .....                            | 228 |
| <b>Tabla 132</b> Matriz de Leopold.....   | 229 |
| <b>Tabla 133</b> Cronograma Valorado Respecto al Plan de Manejo Ambiental .....                     | 230 |
| <b>Tabla 134</b> Presupuesto del Proyecto .....   | 233 |
| <b>Tabla 135</b> Gasto en Amortiguadores Antes de la Ejecución de la Obra.....                      | 235 |
| <b>Tabla 136</b> Gasto en Amortiguadores Después de la Ejecución de la Obra.....                    | 235 |
| <b>Tabla 137</b> Gasto en Sistema de Frenos Antes de la Ejecución de la Obra .....                  | 236 |
| <b>Tabla 138</b> Gasto en Sistema de Frenos Después de la Ejecución de la Obra .....                | 236 |
| <b>Tabla 139</b> Ahorro de Tiempo de Viaje a Centros Turísticos y Parroquias Aledañas .....         | 237 |
| <b>Tabla 140</b> Gastos por Servicio de Taxi antes de la Ejecución de la Obra .....                 | 238 |
| <b>Tabla 141</b> Gastos por Servicio de Taxi Después de la Ejecución de la Obra.....                | 238 |
| <b>Tabla 142</b> Plusvalía Antes del Proyecto .....   | 239 |
| <b>Tabla 143</b> Plusvalía Después del Proyecto .....   | 239 |
| <b>Tabla 144</b> Mantenimiento Vial al Primer Año de Operación .....                                | 240 |
| <b>Tabla 145</b> Mantenimiento Vial al Segundo Año de Operación .....                               | 240 |
| <b>Tabla 146</b> Mantenimiento Vial al Sexto Año de Operación .....                                 | 240 |
| <b>Tabla 147</b> Mantenimiento Vial al Décimo Año de Operación .....                                | 241 |
| <b>Tabla 148</b> Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) .....  | 242 |
| <b>Tabla 149</b> Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR).....                                   | 243 |
| <b>Tabla 150</b> Cálculo Beneficio-Costo (B/C).....   | 244 |
| <b>Tabla 151</b> Coeficientes de la Fórmula Polinómica .....  | 247 |
| <b>Tabla 152</b> Fórmula Polinómica del Proyecto.....   | 248 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> Ubicación del Cantón Rumiñahui .....   | 7  |
| <b>Figura 2</b> Ubicación Global del Proyecto, Inicio 0+000 y Fin 3+000 .....  | 8  |
| <b>Figura 3</b> Ubicación Georreferenciada de los Puntos GPS Post-Procesamiento .....  | 15 |
| <b>Figura 4</b> Ubicación Georreferenciada de los Puntos GPS .....   | 16 |
| <b>Figura 5</b> Ubicación Georreferenciada del Tramo de Factibilidad .....   | 17 |
| <b>Figura 6</b> Fotografía de Contador Automático Sobre Superficie .....   | 21 |
| <b>Figura 7</b> Fotografía de Instalación de Contador Automático Sobre Superficie.....   | 21 |
| <b>Figura 8</b> Software MTExec 4.06, Contador de Tráfico .....  | 22 |
| <b>Figura 9</b> Clasificación Vehicular .....  | 27 |
| <b>Figura 10</b> Ubicación de la Estación de Contadores Automáticos.....   | 28 |
| <b>Figura 11</b> Esquema Respecto al Factor Dirección.....   | 45 |
| <b>Figura 12</b> Ubicación General del Proyecto.....   | 49 |
| <b>Figura 13</b> Ubicación Especifica del Proyecto.....  | 49 |
| <b>Figura 14</b> Unidades Geológicas del Cantón Rumiñahui.....   | 51 |
| <b>Figura 15</b> Zonas de Amenazas por Deslizamientos, Caídas y Flujos .....   | 53 |
| <b>Figura 16</b> Mapa de Actividad Sísmica del Cantón Rumiñahui .....  | 54 |
| <b>Figura 17</b> Flujo Diario Máximo de SO <sub>2</sub> , en el Volcán Cotopaxi Año 2015 .....   | 56 |
| <b>Figura 18</b> Explosiones Producidas por el Volcán Cotopaxi, Agosto-Diciembre 2015 .....  | 56 |
| <b>Figura 19</b> Mapa de Amenazas por Lahares Producto de una Posible Erupción del Volcán<br>Cotopaxi.....   | 57 |
| <b>Figura 20</b> Mapa de Amenazas por Peligro de Inundaciones .....  | 58 |
| <b>Figura 21</b> Perfil Estratigráfico – Clasificación SUCS .....  | 66 |
| <b>Figura 22</b> Perfil Estratigráfico – Clasificación AASHTO .....  | 66 |
| <b>Figura 23</b> Ubicación de la Cantera Construanas Respecto al Proyecto.....   | 77 |
| <b>Figura 24</b> Diagrama Granulométrico Respecto a la Especificación Para Sub-Base Clase 3.80   |    |
| <b>Figura 25</b> Diagrama Granulométrico Respecto a la Especificación Para Base Clase 3 .....  | 81 |
| <b>Figura 26</b> Esquema de Pavimento Flexible .....   | 82 |
| <b>Figura 27</b> Ubicación de Puntos Donde se Efectuó la Excavación Manual Para Conocer el<br>Estado Actual de la Estructura del Pavimento Flexible..... | 84 |
| <b>Figura 28</b> Fotografía de Excavación Manual Para Conocer el Estado Actual de la Estructura<br>del Pavimento del Punto N°1 .....                     | 85 |
| <b>Figura 29</b> Fotografía de Excavación Manual Para Conocer el Estado Actual de la Estructura<br>del Pavimento del Punto N°2.....                      | 85 |
| <b>Figura 30</b> .....   | 86 |
| <b>Figura 31</b> Nomograma Para Determinar el Coeficiente Estructural (a <sub>1</sub> ), en Carpetas<br>Asfálticas.....                                  | 93 |
| <b>Figura 32</b> Abaco Para Determinar el Coeficiente Estructural (a <sub>2</sub> ) y Módulo Resiliente en<br>Bases .....                                | 94 |
| <b>Figura 33</b> Abaco Para Determinar el Coeficiente Estructural (a <sub>3</sub> ) y Módulo Resiliente en<br>Sub-Bases.....                             | 95 |
| <b>Figura 34</b> Nomograma Para Determinar el Número Estructural Para la Capa de Rodadura<br>(SN1).....  | 97 |
| <b>Figura 35</b> Cálculo del Número Estructural Para la Capa de Rodadura (SN1), con el<br>Programa .....   | 98 |
| <b>Figura 36</b> Cálculo del Número Estructural Para la Capa de Base (SN2), con el Programa ..99   |    |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 37</b> Cálculo del Número Estructural Para la Capa de Sub-Base (SN3), con el Programa..... | 100 |
| <b>Figura 38</b> Espesores Propuestos Para la Estructura de Pavimento Flexible.....                  | 103 |
| <b>Figura 39</b> Esquema Sobre la Visibilidad de Parada.....   | 111 |
| <b>Figura 40</b> Esquema Sobre Distancia de Visibilidad Para Rebasamiento.....                       | 113 |
| <b>Figura 41</b> Esquema Sobre Sección Transversal Típica de una Carretera.....                      | 116 |
| <b>Figura 42</b> Sección Típica del Proyecto Ampliación Sentido Norte - Sur.....                     | 120 |
| <b>Figura 43</b> Sección Típica Total.....   | 121 |
| <b>Figura 44</b> Gráfica de los Elementos de una Curva Circular Simple.....                          | 122 |
| <b>Figura 45</b> Curva de Masas del Proyecto.....  | 133 |
| <b>Figura 46</b> Ubicación de Escombrera Para el Proyecto.....                                       | 134 |
| <b>Figura 47</b> Red de Distribución de Agua Potable Tramo de Estudio.....                           | 136 |
| <b>Figura 48</b> Mapa de Intensidades Máximas en 24 Horas Para Diferentes Periodos de Retorno.....   | 142 |
| <b>Figura 49</b> Sumidero Lateral o de Ventana.....  | 149 |
| <b>Figura 50</b> Sumidero Lateral o de Ventana Vista en Planta y en Cortes.....                      | 150 |
| <b>Figura 51</b> Esquema de Sumidero de Ventana Vista de Frente y en Corte.....                      | 155 |
| <b>Figura 52</b> Nomograma de Factor de Reducción (F).....   | 155 |
| <b>Figura 53</b> Nomograma Para Determinar el Calado a la Entrada del Sumidero (Y).....              | 159 |
| <b>Figura 54</b> Esquemas de Construcción Para Sumideros de Ventana.....                             | 162 |
| <b>Figura 55</b> Líneas Segmentadas de Separación de Circulación Opuesta.....                        | 168 |
| <b>Figura 56</b> Doble Línea Continua, con Ejemplo de Tachas a 12,00 m.....                          | 169 |
| <b>Figura 57</b> Doble Línea Mixta Continua y Segmentada.....  | 170 |
| <b>Figura 58</b> Líneas de Separación Segmentadas de Carriles.....                                   | 171 |
| <b>Figura 59</b> Líneas de Continuidad.....  | 172 |
| <b>Figura 60</b> Líneas de Continuidad (Carril de Desaceleración).....                               | 172 |
| <b>Figura 61</b> Líneas de Continuidad (Carril Reducido de Desaceleración).....                      | 173 |
| <b>Figura 62</b> Líneas de Continuidad (Carril de Incorporación, Aceleración).....                   | 173 |
| <b>Figura 63</b> Líneas Continuas de Borde, sin Espaldón.....  | 174 |
| <b>Figura 64</b> Líneas de Prohibición de Estacionamiento en Calzada.....                            | 174 |
| <b>Figura 65</b> Líneas de Prohibición de Estacionamiento en Bordillo.....                           | 175 |
| <b>Figura 66</b> Línea de Pare en Intersección con Señal de Pare Vertical.....                       | 176 |
| <b>Figura 67</b> Línea de Pare con Semáforos en Intersección sin Cruce Peatonal.....                 | 177 |
| <b>Figura 68</b> Línea de Pare con Semáforos en Intersección con Cruce Peatonal.....                 | 177 |
| <b>Figura 69</b> Línea de Ceda el Paso con Señal Vertical.....                                       | 178 |
| <b>Figura 70</b> Línea de Ceda el Paso en Cruce Intermedio Cebra.....                                | 178 |
| <b>Figura 71</b> Línea de Ceda el Paso en Redondeles.....  | 179 |
| <b>Figura 72</b> Línea de Detención.....   | 179 |
| <b>Figura 73</b> Línea de Cruce Cebra.....   | 180 |
| <b>Figura 74</b> Línea de Cruce Cebra con Líneas en Zig Zag.....                                     | 181 |
| <b>Figura 75</b> Línea de Cruce Cebra con Semáforos Peatonales.....                                  | 181 |
| <b>Figura 76</b> Señalizaciones PARE.....  | 184 |
| <b>Figura 77</b> Señalización Complementaria Ojos de Gato, Tachas.....                               | 185 |
| <b>Figura 78</b> Señalización Regulatoria de Serie de Prioridad de Paso PARE (R1-1).....             | 186 |
| <b>Figura 79</b> Señalización Regulatoria de Serie de Prioridad de Paso CEDA EL PASO (R1-2).....     | 187 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 80</b> Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de Doble Vía Comienza (R2-3).....                                       | 187 |
| <b>Figura 81</b> Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de Ceda el Paso a los Peatones (R2-4).....                              | 188 |
| <b>Figura 82</b> Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de Mantenga Izquierda (R2-5I), (R2-5D).....                             | 189 |
| <b>Figura 83</b> Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de Circular Carril Izquierdo o Derecho de Parterre (R2-6I) (R2-6D)..... | 189 |
| <b>Figura 84</b> Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de No Entre (R2-7).....   | 190 |
| <b>Figura 85</b> Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de No Virar en U (R2-8).....  | 191 |
| <b>Figura 86</b> Señalización Regulatoria de Serie de Límites de Velocidad (R4-1).....   | 191 |
| <b>Figura 87</b> Señalización Regulatoria de Serie de Límites Máximos de Reduzca la Velocidad (R4-4).....  | 192 |
| <b>Figura 88</b> Señalización Regulatoria de Estacionamientos: No Estacionar (R5-1).....   | 193 |
| <b>Figura 89</b> Señalización Regulatoria de Estacionamientos: Parada de Bus (R5-6).....   | 193 |
| <b>Figura 90</b> Señalización Preventiva de Intersecciones y Empalmes: Incorporación de Tránsito Izquierdo (P2-8I) - Derecho (P2-8D).....            | 194 |
| <b>Figura 91</b> Señalización Preventiva de Intersecciones y Empalmes: Bifurcación Izquierda (P2-15I) - Derecha (P2-15D).....                        | 195 |
| <b>Figura 92</b> Señalización Preventiva de Intersecciones y Empalmes: Incorporación de Carril Adicional (P2-16I)- (P2-16D).....                     | 195 |
| <b>Figura 93</b> Señalización Preventiva de Intersecciones y Empalmes: Aproximación a Redondel (P2-17).....  | 196 |
| <b>Figura 94</b> Señalización de Serie de Aproximación a Dispositivos de Control de Tránsito: Aproximación a Semáforo (P3-4).....                    | 196 |
| <b>Figura 95</b> Aproximación a Parterre (P4-6).....   | 197 |
| <b>Figura 96</b> Señalización de Nombre de Calles.....   | 198 |
| <b>Figura 97</b> Señalización de Lugar de Destino.....   | 198 |

## RESUMEN

El presente proyecto vial a nivel de trazado definitivo cuenta con 1.3 km de longitud, entre la Academia de Guerra y el C.C. River Mall, desarrollado con el principal objetivo de disminuir la congestión vehicular al ingreso de la ciudad de Sangolquí, por lo tanto, es factible la ampliación a tres carriles en el sentido Norte – Sur; se efectuaron estudios tanto en campo como en gabinete, en primer lugar se realizó el levantamiento topográfico, para continuar con el estudio de tráfico obteniendo la cantidad de vehículos actualmente y los proyectados a un periodo de diseño igual a 20 años, de ahí se calculó el número de ejes equivalentes, información fundamental para determinar los espesores que componen la estructura del pavimento flexible; por otro lado, con respecto a las obras de drenaje de la vía se diseñaron, reubicaron y añadieron nuevos sumideros laterales o de ventana que se empatan a las redes combinadas de la Urbanización. Yaguachi y descargan el caudal en el Río Santa Clara; acerca de la señalización vial se situó de manera horizontal y vertical cumpliendo las normas que garantizan seguridad, en cuanto al estudio ambiental se identificó los impactos ambientales por medio de la matriz de Leopold, con respecto al análisis económico – financiero se determinaron los indicadores financieros, los cuales son el VAN, el TIR y la relación beneficio – costo (B/C), índices que indican lo viable y rentable del proyecto.

Por lo que se refiere al estudio a nivel de factibilidad que cuenta con 1.7 km de longitud, entre el sector del Triángulo y la Academia de Guerra debido a la alta población ya consolidada con negocios comerciales a todo lo largo de este trayecto, y lo costoso que resultaría la indemnización, se concluye que no es factible ampliar este tramo de vía.

**Palabras clave:** carretera, topografía, tráfico, asfalto, drenaje, seguridad vial, impacto ambiental, análisis económico.

## ABSTRACT

The present road project at the final layout level is 1.3 km long, between the War Academy and the C.C. River Mall, developed with the main objective of reducing traffic congestion at the entrance of the city of Sangolquí, therefore, it is feasible to expand to three lanes in the North - South direction; Studies were carried out both in the field and in the office, firstly the topographic survey was carried out, to continue with the traffic study obtaining the number of vehicles currently and those projected to a design period equal to 20 years, from there the number of equivalent axes, essential information to determine the thicknesses that make up the flexible pavement structure; On the other hand, with regard to the drainage works of the road, new lateral or window drains were designed, relocated and added that are tied to the combined networks of the Urbanization. Yaguachi and discharge the flow into the Santa Clara River; Regarding road signs, it was located horizontally and vertically, complying with the standards that guarantee safety, in terms of the environmental study, the environmental impacts were identified through the Leopold matrix, with respect to the economic-financial analysis, the financial indicators were determined, which are the NPV, the IRR and the benefit - cost ratio (B / C), indices that indicate the feasibility and profitability of the project.

Regarding the feasibility study that has 1.7 km in length, between the Triangle sector and the War Academy due to the high population already consolidated with commercial businesses throughout this journey, and the cost that the compensation would result, it is concluded that it is not feasible to expand this section of track.

**Keywords:** road, topography, traffic, asphalt, drainage, road safety, environmental impact, economic analysis

## **CAPÍTULO I**

### **1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

El malestar para los usuarios de la vía durante las horas pico de la ciudad, debido al crecimiento demográfico de la población presenta un incremento del parque automotor y un mal uso de las vías, como el irrespeto a las paradas de buses, estacionamientos vehiculares y al uso indebido de la vía para el desarrollo del comercio informal. Ha presentado complicaciones en la movilidad vehicular provocando contaminación ambiental y acústica a los pobladores del sector, en la avenida de ingreso a la Parroquia de Sangolquí “Av. General Enríquez” entre El Triángulo y el Centro Comercial River-Mall, que es una arteria vial por la cual se desarrolla gran parte de los ingresos económicos directa e indirectamente de la parroquia.

Los problemas en la movilidad vehicular al ingreso a la parroquia de Sangolquí, seguirá afectando al crecimiento turístico mientras no se contrarreste el problema en este tramo de vía, el mismo que amerita una ampliación en el sentido que va desde el sector El Triángulo hasta el Centro Comercial River Mall en la Parroquia de Sangolquí, dado que existe un crecimiento poblacional y productivo en la zona, de manera que el flujo vehicular es mayor.

Por tales razones se decide realizar el presente estudio de trazado definitivo y factibilidad para su ampliación, con un enfoque de atracción visual que incentive el turismo y por consiguiente la producción, por otra parte, la población podrá trasladarse en el menor tiempo posible con seguridad a distintos sitios de la ciudad.

#### **1.2. Antecedentes**

Teniendo en cuenta el incremento del parque automotor se han dado diferentes soluciones a esta avenida de alto tráfico vehicular, con trabajos de mejoramiento en

estos últimos años para el progreso de la población del Cantón Rumiñahui, la misma que, según el Censo INEC, 2010 presenta una población total de 85.852 habitantes, en consecuencia, se estima que el crecimiento demográfico para este año tenga un valor aproximadamente de 115.891 habitantes con una tasa de crecimiento del 3% anual. Por otro lado, la tasa de crecimiento vehicular promedio en el cantón Rumiñahui es de 6.30% para vehículos livianos, 2.54% para buses, y 3.76% para camiones.

El presente proyecto tiene como finalidad el estudio de trazado definitivo para la ampliación vial a tres carriles que se lo efectuará en el sentido Academia de Guerra Parroquia de San Rafael hasta Centro Comercial River Mall Parroquia de Sangolquí, con una longitud de 1.3 km. Por otro lado, el estudio de factibilidad para la ampliación vial se lo realizará en el tramo comprendido entre La Academia de Guerra ubicado en la parroquia de San Rafael hasta el sector del Triángulo, con una longitud de 1.7 km.

### **1.3. Justificación**

Al realizar una ampliación vial provoca muchos beneficios para la población en general, además de aumentar la red vial provincial, cantonal y parroquial, es así que el presente director de Obras Públicas del Municipio de Rumiñahui ha solicitado el estudio de factibilidad y de trazado definitivo para la ampliación vial en la Avenida General Enríquez, tramo Sangolquí – El Triángulo, con una longitud de 3 km, en la Provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, para mitigar los problemas generados por el tráfico vehicular los mismos que tiene origen en el crecimiento poblacional y productivo de la parroquia de Sangolquí, San Rafael y el sector del Triángulo, además de buscar una adecuada estética vial que esté al nivel de ciudades en desarrollo, esto llevará a una reactivación de la economía y por lo tanto a una mejora en la calidad de vida de los habitantes de este cantón ya que se acortaría el tiempo de viaje, mejoraría el turismo y por ende el comercio de sus productos.

Con respecto al estudio de factibilidad se lo realizará debido a que en esta zona existe población ya consolidada, lo que se debe a los diferentes asentamientos poblacionales, no obstante, actualmente la vía cuenta con dos carriles pavimentados con carpeta asfáltica con una longitud de 1.7 km, además transversalmente existen diferentes geometrías que van desde 7.5m y 10m, dado el alto comercio que se presenta en este tramo de estudio, el crecimiento de la población y parque automotor requiere el estudio de factibilidad para la ampliación de esta vía a tres carriles, con el fin de mejorar la calidad de vida de los usuarios.

Por otro lado, el estudio de trazado definitivo para la ampliación en el sentido Norte – Sur se lo realizará porque al momento de llegar al redondel del Centro Comercial River Mall se genera alto tráfico, principalmente por vehículos que tienen como fin llegar a los sectores de El Cabre, Terracota, San Pedro, Fajardo y sus alrededores, actualmente es necesario ingresar al interior de la Parroquia de Sangolquí para luego tomar vías que lleven a su lugar de destino, por lo cual se ampliará la vía especialmente para estos vehículos que 50 metros antes de llegar al redondel del Centro Comercial River Mall ingresarán por la calle Rio Coca, para continuar por la calle Rio Amazonas donde al término de esta se enlazará con un futuro proyecto de un puente a desnivel, que conducirá a los sectores antes mencionados, disminuyendo el tiempo de viaje y descongestionando este ingreso principal a la Parroquia de Sangolquí. Por otro lado, la geometría está dada y se conoce que es factible el proyecto. Para este estudio se cuenta con dos carriles por sentido, con un ancho de carril de 3.8m y un parterre intermedio de 3.9m de ancho, por esta razón es necesario realizar el estudio de ampliación esperando satisfacer la demanda del parque automotor que en los últimos años se ha elevado de forma significativa en la ciudad y justificando las indicaciones dispuestas por el Municipio del Cantón Rumiñahui.

#### **1.4. Alcance**

El presente proyecto técnico tiene como alcance realizar el estudio de trazado definitivo y factibilidad para la ampliación vial en la Avenida General Enríquez, tramo Sangolquí – El Triángulo, con una longitud de 3 km, de modo que el Cantón Rumiñahui disponga de una vía adecuada que entregue satisfacción a los pobladores, contrarrestando la congestión vehicular y todo lo que implica esto.

Los estudios existentes son, un conteo de tráfico realizado por un contador automático (tubos neumáticos) durante 24 horas por 4 días, además de una clasificación de vehículos obtenida automáticamente por la programación de un software, según el número y espacio entre ejes de los vehículos que usualmente transitan por la vía, estos datos dispone que dispone el municipio son de diciembre del año 2016, por lo cual, tanto a nivel de factibilidad como de trazado definitivo se trabajará con estos datos realizando una proyección al año actual para poder realizar todos los cálculos que conlleva el estudio de tráfico, el mismo que se detallará en el desarrollo del proyecto.

Con respecto al levantamiento topográfico, existe la posibilidad de realizarse con la ayuda técnica del Municipio y del uso de sus equipos para el trazado definitivo, al igual que para la factibilidad de la ampliación vial en el tramo ya mencionado.

Además, se llevará a cabo el diseño geométrico vertical y horizontal en la parte del planteamiento de alternativa de la ampliación de vía, mientras que para el trazado definitivo el estudio se basará en la geometría existente horizontal y vertical de la vía, estudio de suelos, diseño de la estructura de pavimento flexible, estudio hidráulico vial, estudio de obras de alcantarillado transversal y obras de arte mayor, presupuesto, evaluación económica y estudio de impacto ambiental, entre otras más específicas que se detallaran en el desarrollo de este proyecto técnico.

Cabe mencionar que el estudio se basa en un análisis de expropiación para la factibilidad de ampliación vial, teniendo en cuenta que es responsabilidad del departamento administrativo y jurídico del Municipio, por lo tanto, sabiendo esto se detallará en el desarrollo del proyecto este tema de expropiaciones. Por otro lado, en el otro tramo de trazado definitivo existen terrenos colindantes a la vía, la gran parte de extensión para la ampliación, tiene una considerable amplitud de vereda en la parte del fuerte militar San Jorge. En definitiva, estas expropiaciones no tendrán dificultad en el desarrollo del proyecto, según lo manifestado por el departamento jurídico.

Por otra parte, con respecto al estudio de factibilidad del tramo ya mencionado, tiene como fin constituir juicios suficientes para que se pueda tomar una decisión definitiva por parte del Municipio del Cantón Rumiñahui.

El estudio se realizará con la ayuda técnica y supervisión por parte del municipio, de igual modo se tendrá como apoyo fundamental las ordenanzas, normas vigentes en nuestro país publicadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP 2002), además de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 y normas internacionales como la American Concrete Institute (ACI 318-14), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93), con la finalidad de que la vía cumpla con los requisitos de diseño.

## **1.5. Objetivos**

### ***1.5.1. Objetivo general***

Realizar el estudio de trazado definitivo y de factibilidad para la ampliación vial en la avenida General Enríquez, tramo Sangolquí – El Triángulo, con una longitud de 3 km, en la Provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui.

### ***1.5.2. Objetivos específicos***

- Recopilar información de los estudios que existan en la zona de influencia del proyecto para tener material de apoyo al comenzar el mismo.
- Realizar el estudio topográfico de la zona de estudio.
- Realizar el estudio del TPDA (tráfico promedio diario anual), para el año actual con sus respectivas proyecciones a 10 y 20 años, por medio de este se analizará la capacidad y volumen de tránsito para determinar el nivel de servicio de la vía.
- Realizar el diseño geométrico horizontal y vertical cumpliendo con las normas técnicas MOP 2003.
- Desarrollar un estudio de suelos, mediante el apoyo del respectivo personal técnico para la obtención de muestras y posterior traslado a un laboratorio especializado, y así determinar la calidad del suelo sobre el cual se apoyará la vía de ampliación del proyecto.
- Diseñar los espesores de las capas que conformarán la estructura vial en pavimento flexible.
- Realizar el diseño hidráulico de obras de drenaje para el correcto funcionamiento de la vía.
- Analizar los impactos ambientales que generará la ampliación vial, del mismo modo los planes de mitigación de los posibles impactos negativos sobre el medio ambiente, además de tener en cuenta la normativa vigente.
- Elaborar un análisis donde se detalle el cronograma, rubros, especificaciones técnicas, APUS y presupuesto referencial con respecto al estudio de trazado definitivo.

## 1.6. Ubicación del proyecto

El origen se encuentra ubicado al Sur de la Provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, entre las parroquias de Sangolquí, San Rafael y el Sector del Triángulo, posee una altitud de 2500 msnm, además el cantón cuenta con una extensión de 139 km<sup>2</sup>.

**Figura 1**

*Ubicación del Cantón Rumiñahui*



**Nota.** Limitaciones del cantón Rumiñahui. Fuente: GADMUR, 2010-2025.

El cantón limita de la siguiente manera:

Norte: El Distrito Metropolitano de Quito; el río San Pedro como límite natural, los mismos que se encuentran unidos por la Autopista General Rumiñahui.

Sur: El Cantón Mejía y el Cerro Pasochoa.

Este: El Distrito Metropolitano de Quito, con las parroquias rurales de Alangasí y Pintag, cuyo límite natural es el río Pita.

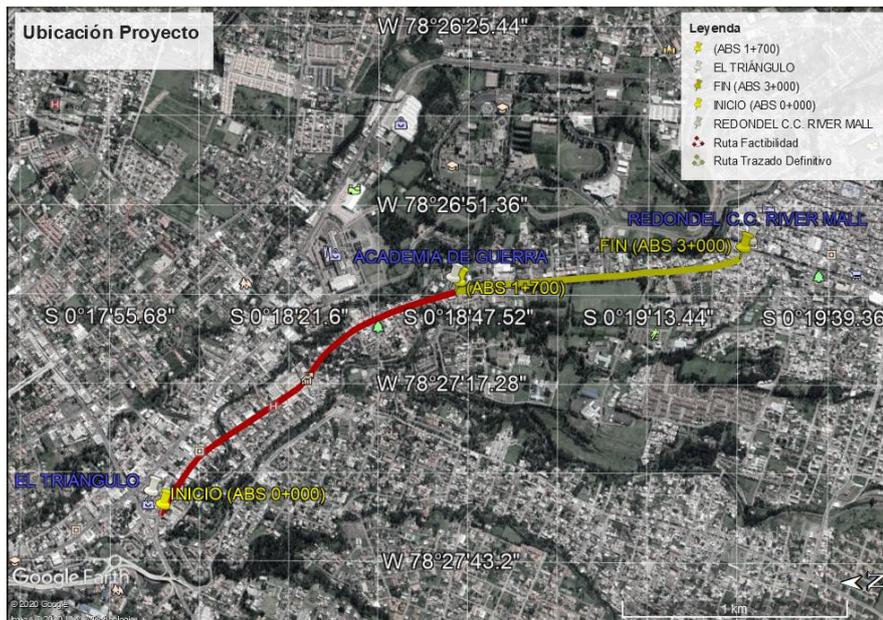
Oeste: El Distrito Metropolitano de Quito con las parroquias rurales Amaguaña y Conocoto cuyo límite natural es el río San Pedro.

El proyecto en estudio se encuentra ubicado en la vía comprendida entre el redondel del Centro Comercial River Mall, Parroquia de Sangolquí y el Centro Comercial Plaza del Valle en el sector del Triángulo, con longitudes de 1.70 km para el estudio de factibilidad

y 1.27 km para el trazado definitivo, a continuación, se presenta un gráfico que aclara lo manifestado.

**Figura 2**

*Ubicación Global del Proyecto, Inicio 0+000 y Fin 3+000*



**Nota.** Se presenta los dos tramos de estudio. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth Pro, 2020.

**Tabla 1**

*Coordenadas de Ubicación del Proyecto Para Trazado Definitivo*

| Sistema de coordenadas |                |                                   |                |
|------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|
| Nombre:                | World wide/UTM |                                   |                |
| Datum:                 | WGS 1984       |                                   |                |
| Zona:                  | 17 South       |                                   |                |
| Geoide:                | EGM96 (Global) |                                   |                |
|                        | Ubicación      | Coordenadas UTM                   | Cota (m.s.n.m) |
| INICIO                 | Abscisa 0+000  | 783720.3205m E<br>9965391.3538m N | 2480.12        |
| FIN                    | Abscisa 1+266  | 783869.2977m E<br>9964137.9631m N | 2496.54        |

**Nota.** El tramo empezará con una abscisa de 0+000 al nivel de la Academia de Guerra hasta el redondel del centro comercial River Mall. Elaborado por: El autor.

**Tabla 2***Coordenadas de Ubicación del Proyecto a Nivel de Factibilidad*

| <b>Sistema de coordenadas</b> |                                   |                       |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Nombre:                       | World wide/UTM                    |                       |
| Datum:                        | WGS 1984                          |                       |
| Zona:                         | 17 South                          |                       |
| Geoide:                       | EGM96 (Global)                    |                       |
| <b>Ubicación</b>              | <b>Coordenadas UTM</b>            | <b>Cota (m.s.n.m)</b> |
| INICIO    Abscisa 0+000       | 782702.90 m E<br>9966728.85 m N   | 2462.00               |
| FIN        Abscisa 1+703      | 783720.3205m E<br>9965391.3538m N | 2480.12               |

**Nota.** Las coordenadas respecto a este tramo empiezan con la abscisa 0+000 en el sector del Triángulo terminando en la Academia de Guerra. Elaborado por: El autor.

**1.6.1. Clima**

El cantón Rumiñahui tiene un clima cálido y templado con precipitaciones significativas, existe lluvia aun en el mes más seco. La temperatura media anual es de 15.4°C. Se da precipitaciones en torno a los 1390mm.

## **CAPÍTULO II**

### **2. TOPOGRAFÍA**

#### **2.1. Antecedentes**

El levantamiento topográfico fue georreferenciado por medio de tres puntos GPS, ubicados al inicio, intermedio y final de la vía en estudio, este trabajo fue efectuado con la ayuda del personal de la constructora “M y M Constructores”.

El levantamiento topográfico se realizó con la ayuda técnica y equipos por parte del GADMUR, utilizando el sistema de coordenadas (UTM-WGS84 SIRGAS), ZONA 17S, este estudio es esencial para el diseño de la vía.

Se obtuvo una faja topográfica en toda su trayectoria al ser una vía ya existente, a una escala de 1:1000 y 35 metros de ancho de faja como mínimo para el sentido en el que se va ejecutar la ampliación, además de tener en cuenta árboles, postes, sumideros, pozos, etc., que servirán como base para realizar posibles obras complementarias.

#### **2.2. Tipo de terreno**

De acuerdo a la ubicación de la topografía se pueden presentarse diferentes tipos de terreno que están en función de pendientes longitudinales y transversales, de ahí que tenemos los siguientes tipos de terreno.

##### **2.2.1. Terreno plano**

De ordinario tiene pendientes transversales a la vía menores del 5%. Exige mínimo movimiento de tierras en la construcción de carreteras y no presenta dificultad en el trazado ni en su explanación, por lo que las pendientes longitudinales de las vías son normalmente menores del 3%. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012, pág. 49).

### **2.2.2. Terreno ondulado**

Se caracteriza por tener pendientes transversales a la vía del 6% al 12%. Requiere moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación, así como pendientes longitudinales típicamente del 3% al 6%. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012, pág. 49).

### **2.2.3. Terreno montañoso**

Las pendientes transversales a la vía suelen ser del 13% al 40%. La construcción de carreteras en este terreno supone grandes movimientos de tierras, y/o construcción de puentes y estructuras para salvar lo montañoso del terreno por lo que presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Pendientes longitudinales de las vías del 6% al 8% son comunes. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012, pág. 49).

### **2.2.4. Terreno escarpado**

Aquí las pendientes del terreno transversales a la vía pasan con frecuencia del 40%. Para construir carreteras se necesita máximo movimiento de tierras y existen muchas dificultades para el trazado y la explanación, pues los alineamientos están prácticamente definidos por divisorias de aguas, en el recorrido de la vía. Por tanto, abundan las pendientes longitudinales mayores del 8%, que, para evitarlos, el diseñador deberá considerar la construcción de puentes, túneles y/o estructuras para salvar lo escarpado del terreno. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012, pág. 49).

Por consiguiente, al tener en cuenta estos conceptos, adicional del reconocimiento en campo y la topografía obtenida, se determina que el tipo de terreno para este proyecto es de **tipo plano**, presentando una pendiente máxima de 2.74 % entre la abscisa 1+100.00 y 1+120.00, y como pendiente promedio 1.47%.

### 2.3. Sistemas de coordenadas y equipos utilizados

El sistema de coordenadas permite georreferenciar puntos de la superficie terrestre. En el levantamiento topográfico del presente proyecto se empleó un sistema de coordenadas UTM -WGS 84 SIRGAS, ZONA 17 SUR.

Los equipos utilizados fueron un receptor GPS TRIMBLE R8 GNSS/R6/5800 utilizado para georreferenciar el levantamiento topográfico, además se empleó como principal equipo la estación total Sokkia CX-105 propiedad del GADMUR, la misma que presenta las siguientes especificaciones técnicas.

**Tabla 3**

*Especificaciones Técnicas de la Estación Total Utilizada*

| <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESTACION TOTAL</b>                                    |  |                            |  |
|--|--|----------------------------|--|
|  | <b>Marca:</b>  | <b>Sokkia</b>              |  |
|  | <b>Modelo:</b>   | <b>CX-105</b>              |  |
| <b>Telescopio</b>  |  | <b>Medición de ángulos</b> |  |
| Aumento:   | 30x/2.5"   | Resolución pantalla:       | 1"/5"  |
| Longitud:  | 171mm  | Precisión                  | 5"   |
| Apertura del objeto:   | 45mm   | Compensador doble eje :    | Sensor de inclinación de líquido de doble eje, |
| Campo de visión:   | 1°30' (26m/1000m)  |                            | intervalo de funcionamiento:                   |
| Enfoque mínimo:  | 1.3m   |                            | +6'  |
| Iluminación retícula:  | 5 niveles de brillo                                      |                            |  |
| <b>Medición de distancia</b>   |  |                            |  |
| Salida de laser  | Modo sin prisma: Clase 3R/Prisma/Modelo de hoja: Clase 1 |                            |  |
|  | Sin Prisma *3  | De 0.3 a 500m              |  |
| Intervalo de medición en condiciones estándar                                      | Hoja reflectante   | RS90N-K: de 1.3 a 500m     |  |
|  | Mini prismas   | CP01: de 1.3 a 2500m       |  |
|  | Un prisma AP   | De 1.3 a 4000m             |  |
|  | Tres prismas AP  | Hasta 5000m                |  |

|                        |  |                  |
|------------------------|--|------------------|
| Resolución de pantalla | Fina/Rápida: 0001m. Seguimiento: 0.01m |                  |
| Precisión              | Sin Prisma                             | (3 + 2ppm x D)mm |
|                        | Hoja reflectante                       | (3 + 2ppm x D)mm |
|                        | Prisma AP/CP                           | (2 + 2ppm x D)mm |
| Tiempo de medición     | Fina:                                  | 0.9 segundos     |
|                        | Rápida:                                | 0.7 segundos     |
|                        | Seguimiento:                           | 0.3 segundos     |

---

#### Administración de datos e interfaz

---

|                         |   |                              |
|-------------------------|---|------------------------------|
| Pantalla / teclado      | LCD gráfico, 192 x 80 puntos, retroiluminación, ajuste de contraste/<br>Teclado alfanumérico/25 teclas con retroiluminación |                              |
| Panel de control        | En ambas caras  |                              |
| Tecla disparadora       | En el soporte correspondiente del instrumento   |                              |
|                         | Memoria interna   | Aprox. 10000 puntos          |
| Almacenamiento de datos | Dispositivo memoria complementario  | Memoria flash USB (max, 8gb) |
| Interfaz                | 11RS - 232C de serie, USB2.0 (Tipo A, para memoria flash USB)   |                              |
| Módem Bluetooth         | Bluetooth Clase 1, Ver.2.1+EDR; Intervalo operativo: hasta 300m   |                              |

---

#### General

---

|                |   |  |
|----------------|---|--|
| Puntero láser  | Láser rojo coaxial usando haz EDM   |  |
| Luz de guía    | LED verde (524 nm) y LED rojo (626 nm), intervalo de funcionamiento: de 1,3 a 150 m (de 4,3 a 490 pies) |  |
| Plomada láser  | Diodo de láser rojo (635nm ±10nm); Precisión del haz: ≤1,0mm@1,3m                                       |  |
| Plomada óptica | Ampliación: el enfoque de 3x; Mínimo: 0,3m desde la base nivelante                                      |  |
| Temperatura    | De -20 a +50°C (de -4 a +122°F)   |  |
| Tamaño con asa | Panel de control en ambas caras: 191 mm × 181 mm × 348 mm   |  |
|                | Panel de control en una cara: 191 mm × 174 mm × 348 mm  |  |

---

#### Fuente de alimentación

---

|                                  |                         |  |
|----------------------------------|-------------------------|--|
| Batería                          | Batería extraíble BDC70 | Batería recargable de iones de litio           |
| Tiempo de funcionamiento (20 °C) | BDC70                   | Aprox. 36h (medición de distancia cada 30 s)   |
|                                  | Batería externa         | BDC60: aprox. 44 horas; BDC61: aprox. 89 horas |

**Nota.** Características de la estación total Sokkia CX-105. Fuente: Geodesia y Topografía “Geotop”.

## 2.4. Ubicación del proyecto

A continuación, se presenta especificaciones indicando la ubicación global del proyecto.

**Tabla 4***Especificaciones de la Ubicación del Proyecto en Coordenadas UTM*

| <b>Ubicación del Proyecto</b> |   |               |              |           |
|-------------------------------|---|---------------|--------------|-----------|
| <b>Provincia</b>              | Pichincha                                   | <b>Cantón</b> |              | Rumiñahui |
| <b>Parroquias y Sector</b>    | Sangolquí, San Rafael y sector el Triángulo |               |              |           |
| <b>Abscisas</b>               | <b>Norte</b>                                | <b>Este</b>   | <b>Cota</b>  |           |
| Inicial                       | 0+000                                       | 9966728.85 m  | 782702.90 m  | 2462.00   |
| Final                         | 3+000                                       | 9964137.9631m | 783869.2977m | 2496.54   |

*Nota.* Coordenada Norte, Este y Cota al inicio y fin del estudio. Elaborado por: El autor.

## 2.5. Hitos

También conocidos como puntos de control (BMs), se emplean para georreferenciar el proyecto por la precisión con la que son determinadas las cotas de estos puntos, de ahí que son utilizados como puntos de partida para las nivelaciones y como puntos de control en levantamientos y replanteos altimétricos.

Por otro lado, para el presente proyecto, luego de haber tomado los puntos GPS en campo con el equipo receptor GPS TRIMBLE R8 GNSS/R6/5800, el post-procesamiento se realizó en el software Trimble Business Center, obteniéndose los siguientes puntos de georreferencia que se presentan a continuación.

**Tabla 5***Coordenadas de Ubicación de los Puntos GPS*

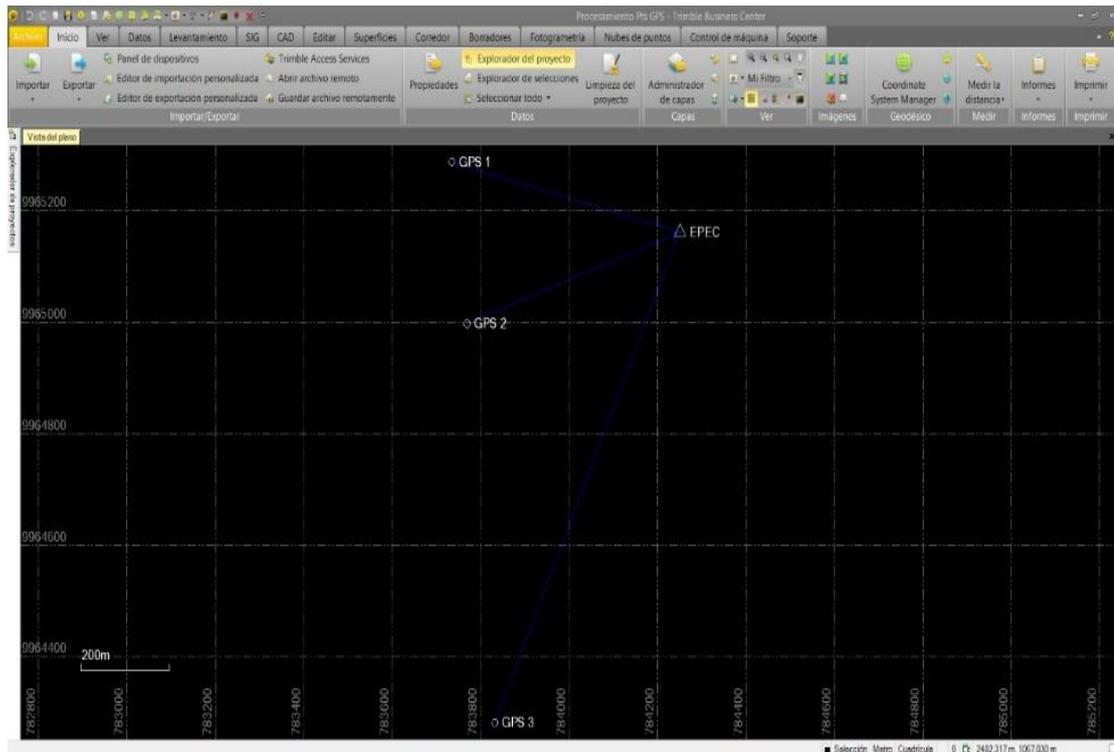
| <b>Sistema de coordenadas</b> |                         |                          |                              |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Nombre:                       | World wide/UTM          |                          |                              |
| Datum:                        | WGS 1984                |                          |                              |
| Zona:                         | 17 South                |                          |                              |
| Geoide:                       | EGM96 (Global)          |                          |                              |
| <b>Lista de Puntos</b>        |                         |                          |                              |
| <b>ID</b>                     | <b>Este<br/>(Metro)</b> | <b>Norte<br/>(Metro)</b> | <b>Elevación<br/>(Metro)</b> |
| EPEC                          | 784250.812              | 9965160.359              | 2496.806                     |
| GPS 1                         | 783735.714              | 9965286.342              | 2481.729                     |
| GPS 2                         | 783769.986              | 9964996.498              | 2485.354                     |
| GPS 3                         | 783832.452              | 9964280.034              | 2496.151                     |

*Nota.* Las coordenadas de los puntos GPS mostradas, se tomaron exclusivamente como puntos de partida para el estudio de trazado definitivo. Elaborado por: El autor.

La base que se utilizó para obtener las coordenadas de los puntos GPS, fue la estación de monitoreo continuo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – EPEC.

**Figura 3**

*Ubicación Georreferenciada de los Puntos GPS Post-Procesamiento*

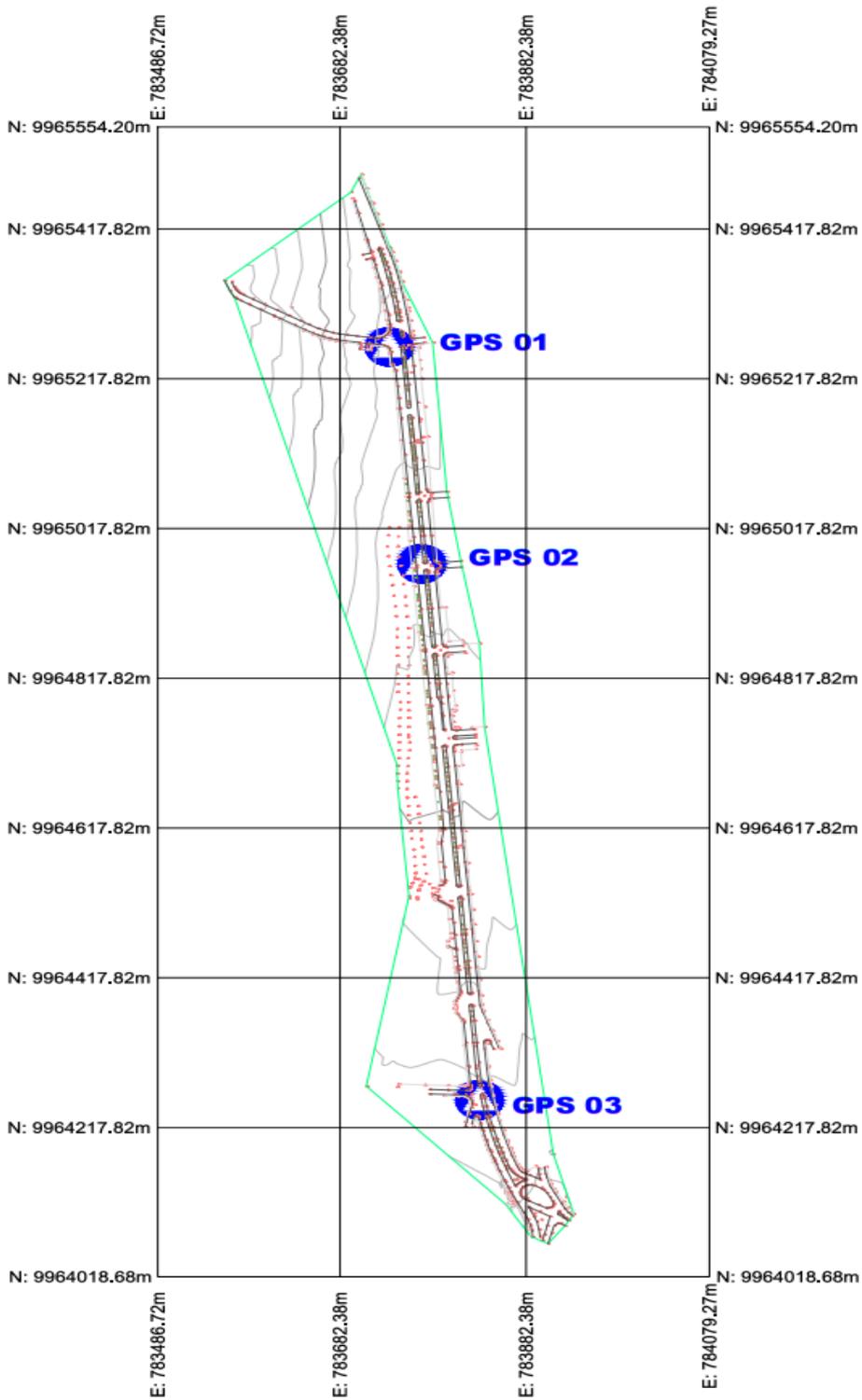


**Nota.** Puntos GPS tomados a partir de la estación de monitoreo de la ESPE.

Elaborado por: El autor, a través del Software Trimble Business Center.

**Figura 4**

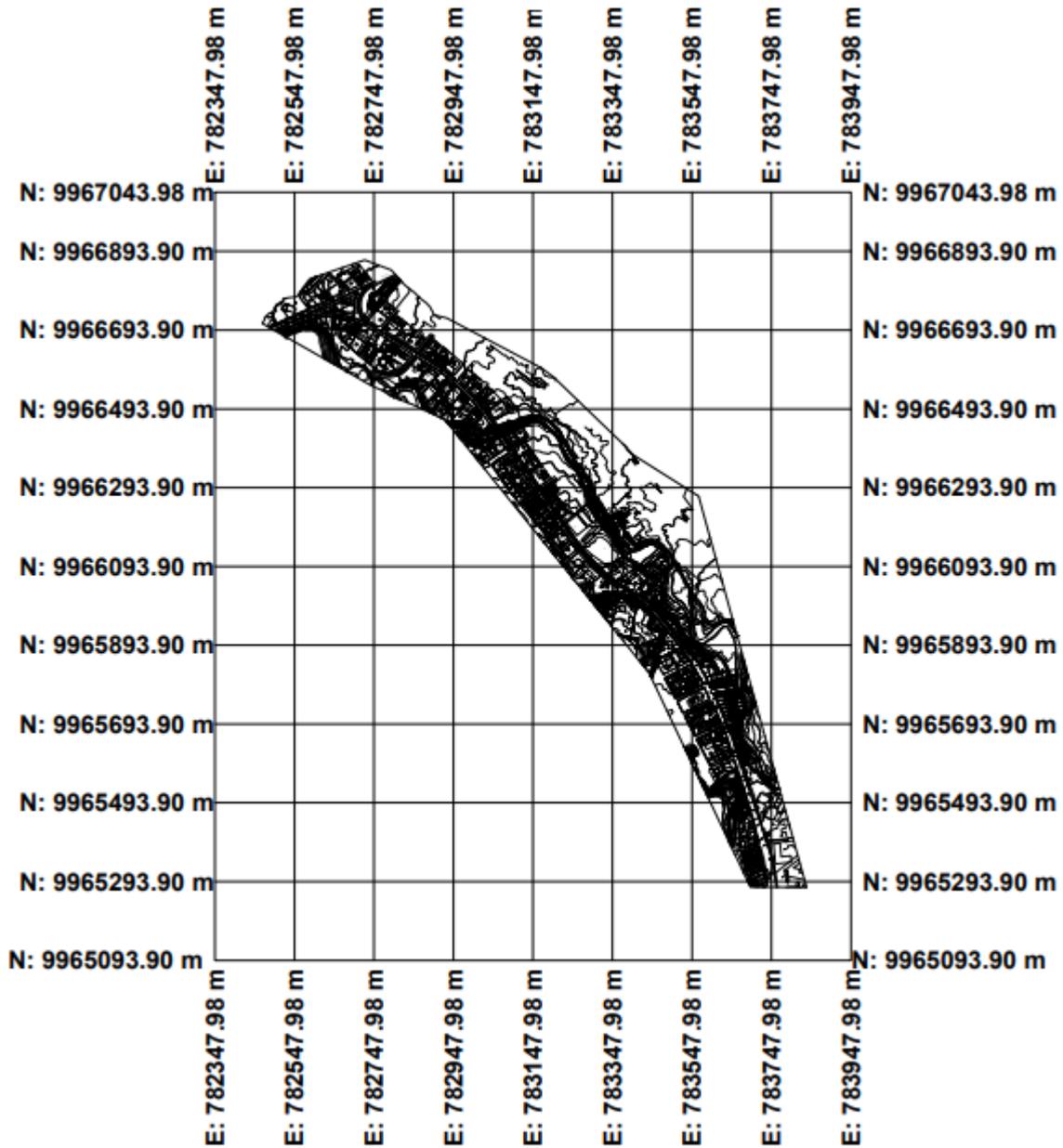
*Ubicación Georreferenciada de los Puntos GPS*



*Nota.* Puntos GPS para el estudio de trazado definitivo. Fuente: Elaborado por: El autor.

**Figura 5**

*Ubicación Georreferenciada del Tramo de Factibilidad*



*Nota.* Tramo Academia de Guerra – El triángulo. Fuente: Elaborado por: El autor.

## CAPÍTULO III

### 3. ESTUDIO DE TRÁFICO

#### 3.1. Antecedentes

El estudio de tráfico es importante para el diseño vial, además de conocer la cantidad del flujo vehicular al que estará sometido la vía y características de los vehículos que la transitan.

El tráfico se lo puede cuantificar por medio de conteos automáticos y manuales de los vehículos, para definir el tránsito promedio y por consiguiente las cargas que ejerce sobre la estructura del pavimento. Por otro lado, mediante la proyección del tráfico futuro podemos establecer la clase de carretera.

Esta vía que conecta con dos parroquias de gran producción económica para el Cantón Rumiñahui, siendo estas Sangolquí y San Rafael, las mismas que necesitan un buen estudio de tráfico para tener una movilidad eficiente y segura.

Para el presente estudio se utilizó los datos de un conteo vehicular automático realizado en el mes de diciembre del año 2016, precisamente de la vía en análisis, a partir de aquí se efectuó una proyección al año actual con la tasa de crecimiento vehicular del Cantón Rumiñahui, para continuar con el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), y demás temas que se muestra en el desarrollo de este capítulo, se lo efectuó de esta forma al no realizarse un conteo actualizado por motivos de afectación que tendría el mismo, dada la emergencia sanitaria que actualmente estamos atravesando por la pandemia (COVID-19), razón por la cual en estos momentos no justificaría realizar un conteo vehicular por las disposiciones que ha determinado el COE nacional respecto a la restricción en la circulación de vehículos. A continuación, se presenta las restricciones vehiculares que determina actualmente el COE nacional, además de existir la probabilidad de próximas restricciones.

**Tabla 6***Restricción Vehicular Actual*

| <b>Restricción Vehicular</b> |  |                                    |
|------------------------------|--|------------------------------------|
| <b>Mes</b>                   | <b>Días</b>                                  | <b>Circula placa terminada en:</b> |
| Diciembre<br>(2020)          | 22, 24, 26, 29, 31<br>21, 23, 25, 27, 28, 30 | número par<br>número impar         |
| Enero (2021)                 | 1, 4, 11, 13, 15<br>2, 3, 12, 14, 16         | número impar<br>número par         |

**Nota.** Mes de diciembre y enero con sus respectivos días de restricciones de circulación vehicular. Elaborado por: El autor, mediante datos del COE nacional.

Además de que instituciones públicas y privadas no se encuentren operando con normalidad, lo que genera irregularidad en el tráfico, y para este estudio se necesita que todos los vehículos estén circulando de manera normal sin ninguna clase de limitación. Por esta razón se determinó realizar esta proyección debido a que se obtiene información más apegada a una realidad habitual.

**3.2. Alcance**

Del presente estudio de tráfico se obtendrá información aproximada de la cantidad de vehículos que transitan por la vía. Los datos obtenidos del conteo automático (tubos neumáticos) servirá para conocer el tráfico promedio diario anual (TPDA) proyectado para 10 y 20 años lo que con lleva a determinar la clase de vía aplicando la norma vigente del Diseño geométrico de Carreteras MOP-2003, de esta manera conocer el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas ESALS'S (Equivalent Simple Axial Load), con la finalidad de poder identificar la carga vehicular. También se realizará la determinación del análisis de capacidad de tránsito, volumen de tránsito y nivel de servicio de la vía.

**3.3. Metodología empleada**

En el presente estudio se explicará la metodología utilizada en campo y posterior los trabajos de gabinete.

### **3.3.1. Trabajo en campo**

Para realizar el conteo vehicular se lo debe hacer en lugares estratégicos dependiendo del método a utilizar, por ejemplo, los estipulados en la normativa MOP y AASHTO que mencionan lo siguiente.

Conteo automático 15 días 24 horas

Conteo manual clasificado 12 horas 7 días

Conteo automático 7 días 24 horas + conteo manual clasificado 2 días 12 horas

Conociendo estos métodos, el utilizado en este estudio fue el conteo automático, empleando el contador de tráfico MetroCount, el mismo que se ocupó colocando dos detectores automáticos de superficie llamados tubos neumáticos con una separación de un metro de distancia, instalados de manera perpendicular al sentido del tránsito para los dos carriles de cada sentido, este contador se lo adopto por la ventaja de obtener datos precisos del número de vehículos. Además, el levantamiento se desarrolló con clasificadores de vehículos automáticos programados según el número y espacio entre ejes de los vehículos que usualmente transitan por la vía.

Los conteos se llevaron a cabo durante cuatro días consecutivos en un periodo horario completo de 24 horas, que de acuerdo a la geometría de la avenida se utilizó dos contadores, uno para cada sentido, los mismos que fueron inspeccionados periódicamente para asegurar que la información se registre con normalidad continuamente.

## **Figura 6**

*Fotografía de Contador Automático Sobre Superficie*



**Nota.** Instalación de tubos neumáticos en sentido Norte - Sur. Fuente: Censo de vehículos entregado por el GADMUR.

## **Figura 7**

*Fotografía de Instalación de Contador Automático Sobre Superficie*



**Nota.** Instalación de tubos neumáticos en sentido Sur – Norte. Fuente: Censo de vehículos entregado por el GADMUR, 2016.

El censo se lo efectuó los días jueves 01 al domingo 04 de diciembre del año 2016, durante un periodo de 24 horas, los contadores se ubicaron en sitios estratégicos que se detallarán en el punto 3.4 más adelante.

### **3.3.2. Trabajo de gabinete**

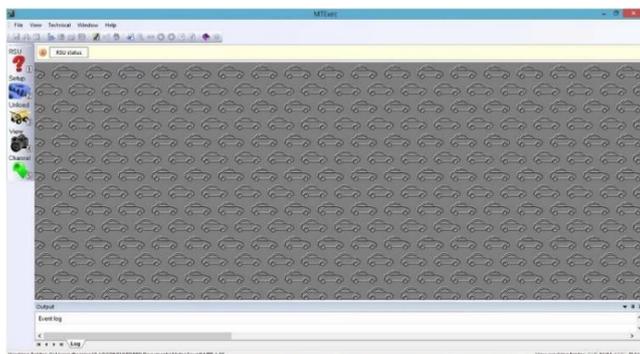
Se realizó la interpretación y procesamiento de la información del censo y clasificación registrada automáticamente en campo, realizado por medio de los tubos neumáticos y el desarrollo del software MTExec 4.06 programado previamente para la clasificación de acuerdo a parámetros como la distancia y tiempo para relacionarlos

con el número y espacio entre ejes de los vehículos que usualmente transitan por la vía.

Dicha información es tabulada en la base de datos del programa Excel.

## Figura 8

*Software MTEExec 4.06, Contador de Tráfico*



**Nota.** Pantalla principal del software MTEExec 4.06. Fuente: Equipo técnico del departamento de movilidad y transporte del GADMUR.

A continuación, se presentan las tablas de resumen.

## Tabla 7

*Datos del Conteo Automático 1 en Sentido Norte - Sur*

| <b>CONTEO AUTOMÁTICO 1 AV. GENERAL ENRÍQUEZ</b> |   |                    |               |                |
|---|---|--------------------|---------------|----------------|
| <b>Ubicación</b>                                | A 100 m del Comando de Educación y Doctrina del Ejército en sentido Norte - Sur |                    |               |                |
| <b>Fecha Inicio</b>                             | 01/12/2016  | <b>Fecha Fin</b>   | 04/12/2016    |                |
| <b>Sentido</b>                                  | Norte - Sur   | <b>N° Carriles</b> | 2             |                |
| <b>Hora</b>                                     | <b>Jueves</b>   | <b>Viernes</b>     | <b>Sábado</b> | <b>Domingo</b> |
| 0   | 110   | 96                 | 238           | 249            |
| 1   | 62  | 51                 | 209           | 210            |
| 2   | 48  | 31                 | 241           | 216            |
| 3   | 43  | 35                 | 150           | 137            |
| 4   | 88  | 72                 | 120           | 101            |
| 5   | 261   | 204                | 221           | 198            |
| 6   | 546   | 455                | 405           | 392            |
| 7   | 741   | 641                | 506           | 493            |
| 8   | 800   | 632                | 638           | 616            |
| 9   | 823   | 597                | 731           | 711            |
| 10  | 836   | 593                | 740           | 691            |
| 11  | 812   | 594                | 782           | 748            |
| 12  | 791   | 587                | 757           | 723            |
| 13  | 843   | 587                | 718           | 698            |
| 14  | 695   | 571                | 652           | 631            |
| 15  | 723   | 616                | 632           | 607            |
| 16  | 748   | 596                | 617           | 587            |

|              |              |             |              |              |
|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 17           | 739          | 517         | 580          | 535          |
| 18           | 679          | 522         | 556          | 527          |
| 19           | 635          | 498         | 495          | 436          |
| 20           | 676          | 435         | 464          | 410          |
| 21           | 618          | 418         | 384          | 334          |
| 22           | 547          | 351         | 192          | 154          |
| 23           | 385          | 237         | 148          | 107          |
| <b>Total</b> | <b>13249</b> | <b>9936</b> | <b>11176</b> | <b>10511</b> |

*Nota.* Conteo realizado de jueves a domingo durante 24 horas diarias. Elaborado por:

El autor, a través de datos de la Dirección de Movilidad del Cantón Rumiñahui, 2016.

**Tabla 8**

*Datos del Conteo Automático 2 en Sentido Sur - Norte*

| <b>CONTEO AUTOMÁTICO 2 - AV. GENERAL ENRÍQUEZ</b> |   |                |                    |                |
|---|---|----------------|--------------------|----------------|
| <b>Ubicación</b>                                  | A 100 m del Comando de Educación y Doctrina del Ejército en sentido Sur - Norte |                |                    |                |
| <b>Fecha Inicio</b>                               | 01/12/2016  |                | <b>Fecha Fin</b>   | 04/12/2016     |
| <b>Sentido</b>                                    | Sur - Norte   |                | <b>N° Carriles</b> | 2              |
| <b>Hora</b>                                       | <b>Jueves</b>   | <b>Viernes</b> | <b>Sábado</b>      | <b>Domingo</b> |
| 0   | 61  | 74             | 175                | 186            |
| 1   | 45  | 45             | 141                | 150            |
| 2   | 30  | 32             | 130                | 122            |
| 3   | 41  | 38             | 95                 | 97             |
| 4   | 65  | 56             | 97                 | 98             |
| 5   | 274   | 287            | 163                | 145            |
| 6   | 627   | 574            | 266                | 276            |
| 7   | 695   | 653            | 459                | 433            |
| 8   | 673   | 681            | 505                | 471            |
| 9   | 657   | 658            | 634                | 612            |
| 10  | 723   | 777            | 778                | 731            |
| 11  | 848   | 874            | 775                | 740            |
| 12  | 826   | 829            | 816                | 805            |
| 13  | 826   | 788            | 762                | 724            |
| 14  | 762   | 801            | 685                | 655            |
| 15  | 808   | 819            | 614                | 591            |
| 16  | 858   | 768            | 646                | 618            |
| 17  | 823   | 795            | 616                | 583            |
| 18  | 759   | 593            | 586                | 541            |
| 19  | 691   | 646            | 584                | 544            |
| 20  | 488   | 522            | 442                | 323            |
| 21  | 399   | 446            | 328                | 251            |
| 22  | 286   | 317            | 155                | 127            |
| 23  | 171   | 185            | 113                | 84             |
| <b>Total</b>                                      | <b>12436</b>  | <b>12258</b>   | <b>10565</b>       | <b>9907</b>    |

*Nota.* Conteo realizado de jueves a domingo durante 24 horas diarias. Elaborado por:

El autor, a través de datos de la Dirección de Movilidad del Cantón Rumiñahui, 2016.

Ahora bien, para partir a determinar el TPDA del presente estudio, se realizará una proyección al año 2020 de los datos de las tablas 7 y 8 con las tasas de crecimiento vehicular. Por lo tanto, se muestran las siguientes tablas.

**Tabla 9**

*Tasa de Crecimiento Vehicular del Cantón Rumiñahui*

| <b>TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR</b> |                 |              |                 |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| <b>Periodo</b>                       | <b>Livianos</b> | <b>Buses</b> | <b>Camiones</b> |
| 2016-2020                            | 5.64%           | 1.88%        | 3.76%           |

*Nota.* Tasa de crecimiento vehicular para livianos, buses y camiones. Fuente: Dirección de Movilidad y Transporte del Cantón Rumiñahui.

**Tabla 10**

*Datos del Conteo Automático 1 en Sentido Norte – Sur Proyectados al Año 2020*

| <b>CONTEO AUTOMÁTICO 1 AV. GENERAL ENRÍQUEZ</b> |   |                |               |                |
|---|---|----------------|---------------|----------------|
| <b>Ubicación</b>                                | A 100 m del Comando de Educación y Doctrina del Ejército en sentido Sur - Norte |                |               |                |
| <b>Sentido</b>                                  | Norte - Sur   | Nº Carriles    |               | 2              |
| <b>Hora</b>                                     | <b>Jueves</b>   | <b>Viernes</b> | <b>Sábado</b> | <b>Domingo</b> |
| 0   | 138   | 121            | 297           | 312            |
| 1   | 79  | 64             | 263           | 263            |
| 2   | 62  | 39             | 302           | 270            |
| 3   | 55  | 45             | 188           | 173            |
| 4   | 110   | 89             | 151           | 128            |
| 5   | 319   | 251            | 274           | 247            |
| 6   | 672   | 560            | 499           | 483            |
| 7   | 914   | 791            | 625           | 608            |
| 8   | 988   | 781            | 789           | 762            |
| 9   | 1015  | 737            | 903           | 877            |
| 10  | 1033  | 733            | 914           | 853            |
| 11  | 1003  | 735            | 969           | 925            |
| 12  | 977   | 726            | 938           | 894            |
| 13  | 1043  | 727            | 888           | 864            |
| 14  | 857   | 703            | 806           | 781            |
| 15  | 892   | 762            | 782           | 750            |
| 16  | 923   | 736            | 763           | 726            |
| 17  | 913   | 638            | 718           | 663            |
| 18  | 839   | 644            | 689           | 652            |
| 19  | 785   | 615            | 613           | 540            |
| 20  | 836   | 537            | 574           | 508            |
| 21  | 765   | 517            | 477           | 417            |

|              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 22           | 678          | 437          | 240          | 193          |
| 23           | 479          | 296          | 185          | 136          |
| <b>Total</b> | <b>16375</b> | <b>12284</b> | <b>13847</b> | <b>13025</b> |

*Nota.* Proyección del conteo vehicular inicial al año 2020, sentido Norte - Sur.

Elaborado por: El autor.

**Tabla 11**

*Datos del Conteo Automático 2 en Sentido Sur – Norte Proyectados al Año 2020*

| <b>CONTEO AUTOMÁTICO 2 AV. GENERAL ENRÍQUEZ</b> |   |                |               |                |
|---|---|----------------|---------------|----------------|
| <b>Ubicación</b>                                | A 100 m del Comando de Educación y Doctrina del Ejército en sentido Sur - Norte |                |               |                |
| <b>Sentido</b>                                  | Sur - Norte   |                | Nº Carriles   | 2              |
| <b>Hora</b>                                     | <b>Jueves</b>   | <b>Viernes</b> | <b>Sábado</b> | <b>Domingo</b> |
| 0   | 78  | 94             | 219           | 233            |
| 1   | 57  | 58             | 178           | 189            |
| 2   | 40  | 41             | 164           | 153            |
| 3   | 53  | 50             | 120           | 122            |
| 4   | 82  | 71             | 122           | 124            |
| 5   | 335   | 350            | 201           | 178            |
| 6   | 772   | 705            | 326           | 338            |
| 7   | 858   | 804            | 568           | 535            |
| 8   | 830   | 841            | 623           | 582            |
| 9   | 810   | 811            | 783           | 756            |
| 10  | 894   | 961            | 963           | 905            |
| 11  | 1049  | 1080           | 958           | 915            |
| 12  | 1021  | 1025           | 1011          | 995            |
| 13  | 1020  | 974            | 943           | 895            |
| 14  | 942   | 991            | 849           | 811            |
| 15  | 999   | 1013           | 760           | 733            |
| 16  | 1062  | 949            | 799           | 765            |
| 17  | 1018  | 985            | 763           | 723            |
| 18  | 938   | 732            | 725           | 670            |
| 19  | 857   | 803            | 727           | 677            |
| 20  | 607   | 650            | 550           | 402            |
| 21  | 497   | 556            | 409           | 314            |
| 22  | 357   | 396            | 194           | 160            |
| 23  | 214   | 232            | 143           | 107            |
| <b>Total</b>                                    | <b>15390</b>  | <b>15172</b>   | <b>13098</b>  | <b>12282</b>   |

*Nota.* Proyección del conteo vehicular inicial al año 2020, sentido Sur - Norte.

Elaborado por: El autor.

En cuanto a la clasificación de vehículos resultado de la programación previa del software MTEExec 4.06, obteniendo las siguientes tablas.

**Tabla 12***Clasificación del Conteo Automático 1, Sentido Norte – Sur*

| Tipo de Vehículo | Días   |         |        |         | Total        | Tráfico Promedio Diario |
|------------------|--------|---------|--------|---------|--------------|-------------------------|
|                  | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |              |                         |
| <b>Moto</b>      | 640    | 376     | 500    | 419     | 1935         | 484                     |
| <b>Liviano</b>   | 14353  | 10894   | 12380  | 11716   | 49343        | 12336                   |
| <b>Bus</b>       | 760    | 601     | 573    | 561     | 2495         | 624                     |
| <b>Camión</b>    | 144    | 114     | 49     | 48      | 355          | 89                      |
| <b>Pesados</b>   | 478    | 299     | 345    | 281     | 1403         | 351                     |
| <b>Total</b>     | 16375  | 12284   | 13847  | 13025   | <b>55531</b> | <b>13884</b>            |

*Nota.* Se presenta el tráfico promedio diario iguala 13884 vehículos por día. Elaborado por: El autor.

**Tabla 13***Clasificación del Conteo Automático 2, Sentido Sur – Norte*

| Tipo de Vehículo | Días   |         |        |         | Total        | Tráfico Promedio Diario |
|------------------|--------|---------|--------|---------|--------------|-------------------------|
|                  | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |              |                         |
| <b>Moto</b>      | 584    | 532     | 441    | 340     | 1897         | 474                     |
| <b>Liviano</b>   | 13562  | 13431   | 11711  | 11088   | 49792        | 12448                   |
| <b>Bus</b>       | 602    | 576     | 491    | 475     | 2144         | 536                     |
| <b>Camión</b>    | 114    | 109     | 42     | 41      | 306          | 77                      |
| <b>Pesados</b>   | 528    | 524     | 413    | 338     | 1803         | 451                     |
| <b>Total</b>     | 15390  | 15172   | 13098  | 12282   | <b>55942</b> | <b>13986</b>            |

*Nota.* Se presenta un tráfico promedio diario igual a 13986 vehículos por día. Elaborado por: El autor.

De las tablas presentadas se puede apreciar que se obtuvo el volumen de tráfico promedio diario, ya que este tráfico fue cuantificado las 24 horas, durante 4 días. A continuación, se presentan los valores de dicho tráfico para cada sentido.

$$T.P.D \text{ (Sentido Norte – Sur)} = 13884 \frac{Veh}{día}$$

$$T.P.D \text{ (Sentido Sur – Norte)} = 13986 \frac{Veh}{día}$$

Se clasificó en motos, livianos, buses, camiones y pesados, de acuerdo al número de ejes y distancia entre ellos que con relaciones respecto al tiempo el programa antes

mencionado los clasificaba, además de tener en cuenta los vehículos que usualmente transitan por la vía.

Por consiguiente, de acuerdo a la Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones del MTOP en livianos tenemos el tipo 2D, en buses el tipo 2DB, en camiones de dos ejes tenemos 2DA y para pesados tenemos al tipo 3-A.

De esta forma poder determinar las cargas que se aplicarán a la vía de estudio en función de la Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones de Vehículos de Carga Pesada Motorizada del MTOP, con el fin de obtener el cálculo de ejes equivalentes. A continuación, se presenta la Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones del MTOP de los tipos de vehículos que circulan en la vía de estudio.

**Figura 9**

*Clasificación Vehicular*

| TABLA NACIONAL DE PESOS Y DIMENSIONES DE VEHÍCULOS DE CARGA PESADA MOTORIZADA, REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES |                                      |             |   |  |       |      |  |  |
|---|--------------------------------------|-------------|---|--|-------|------|--|--|
| TIPO  | DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE | DESCRIPCIÓN | PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas) | LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros) |       |      |  |  |
|   |                                      |             |   | Largo                                  | Ancho | Alto |  |  |
| 2 D   |                                      |             | 7   | 5,50                                   | 2,60  | 3,00 |  |  |
| 2DA   |                                      |             | 10  | 7,50                                   | 2,60  | 3,50 |  |  |
| 2DB   |                                      |             | 18  | 12,20                                  | 2,60  | 4,10 |  |  |
| 3-A   |                                      |             | 27  | 12,20                                  | 2,60  | 4,10 |  |  |

**Nota.** Pesos y dimensiones de vehículos, para conocer su distribución máxima de carga por eje. Fuente: MOP NEVI-12 Libro 2A, 2013, pág. 39.

**3.4. Estaciones de conteo**

Son sitios estratégicos en los cuales se ubican contadores de vehículos, en nuestro caso de estudio contadores automáticos (tubos neumáticos), donde se registra el volumen vehicular.

El aforo vehicular fue determinado por dos contadores automáticos, uno para cada sentido, ubicados en un tramo en tangente de la Av. General Enríquez (A 100 m del

Comando de Educación y Doctrina del Ejército en sentido Sur - Norte), instalada el 28/11/2016, en un horario completo de 24 horas por cuatro días consecutivos.

**Figura 10**

*Ubicación de la Estación de Contadores Automáticos*



**Nota.** Estaciones de conteo ubicadas a 100m del Fuerte Militar San Jorge en sentido Sur – Norte. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth Pro, 2020.

**Tabla 14**

*Estación de Contadores Automáticos*

| Estación de Conteo  | Abscisa  | Fecha Inicio Conteo | Fecha Fin Conteo | Coordenadas (UTM)              |
|---------------------|----------|---------------------|------------------|--------------------------------|
| Sentido Norte - Sur | 0+760.00 | 01-12-2016          | 04-12-2016       | E: 783800.4m;<br>N: 9964637.7m |
| Sentido Sur - Norte | 0+760.00 | 01-12-2016          | 04-12-2016       | E: 783800.4m;<br>N: 9964637.7m |

**Nota.** Ubicación en coordenadas UTM de los contadores automáticos. Elaborado por: El autor.

**3.5. Tráfico promedio diario anual (TPDA)**

“Se refiere al volumen vehicular que representa el promedio de todos los volúmenes diarios en un año.” (Secretaría de comunicaciones y transportes, 2016, pág. 11).

Para nuestro caso de estudio se debe considerar lo siguiente “En vías de dos sentidos de circulación, se tomará el volumen de tráfico en las dos direcciones. Normalmente para este tipo de vías, el número de vehículos al final del día es semejante en los dos sentidos de circulación.”(MTOPI, 2003, pág. 12).

Cabe mencionar que el primer parámetro a obtener del estudio de tránsito es el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), que se lo puede estimar realizando el conteo vehicular durante por lo menos 4 días por semana que incluyan sábado y domingo, en meses representativos del año, justificando lo que teóricamente significaría determinar el conteo de vehículos los 365 días del año y de esta manera fijar el promedio de los datos obtenidos, este proceso no sería conveniente realizarlo por el alto costo que tendría la ejecución del mismo.

En consecuencia, los datos deben ser procesados, realizando ajustes para obtener el TPDA, el mismo que se lo puede ajustar en base a factores de variación de tránsito, la obtención de estos se explicará posteriormente.

### ***3.5.1. Factores de variación de tránsito***

“Se refiere factores que son utilizados para calcular el TPDA en base de muestreos de tráfico realizados en determinado tiempo (horas o días).” (Auqui y Ramírez, 2019)

De acuerdo a la Norma de Diseño Geométrico MTOPI-2003, para la obtención del TPDA a partir de una muestra se debe tomar en consideración cuatro factores de variación de tránsito que son:

Factor Horario (Fh): “nos permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a VOLUMEN DIARIO PROMEDIO.” (MTOPI, 2003, pág. 14).

Factor Diario (Fd): “transforma el volumen de tráfico diario promedio en VOLUMEN SEMANAL PROMEDIO.” (MTOPI, 2003, pág. 15).

Factor Semanal (Fs): “transforma el volumen semanal promedio de tráfico en VOLUMEN MENSUAL PROMEDIO.” (MTOP, 2003, pág. 16).

Factor Mensual (Fm): transforma el volumen mensual promedio de tráfico en TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA). (MTOP, 2003, pág. 16).

Estos factores se los debe obtener de acuerdo a los meses, semanas, días y horas en los que se realizó el conteo, es decir si se tiene un conteo de 24 horas en el número determinado de días (4 – 6 días), no se necesita determinar un factor horario, así mismo si se tiene un conteo de 7 días las 24 horas, no se necesita determinar un factor diario, y así consecutivamente.

Para nuestro estudio se tiene un conteo de cuatro días, durante 24 horas, por lo cual necesitamos determinar el factor diario, factor semanal y factor mensual.

### 3.5.1.1. Determinación del factor diario (Fd)

Para el cálculo de Factor diario (Fd) se obtuvo datos de un conteo realizado durante siete días, 24 horas diarias, de un área cercana y de igual características de la vía en estudio, para así poder relacionarlo. A continuación, se presenta los datos obtenidos por los contadores automáticos para la Av. Abdón Calderón.

**Tabla 15**

*Datos del Conteo Automático 1, para la Av. Abdón Calderón en Sentido Oeste-Este,*

*Proyectados al Año 2020*

| Tipo de Vehículo | Días  |        |           |        |         |        |         | Total        | Tráfico Promedio Semanal |
|------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------------|--------------------------|
|                  | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |              |                          |
| <b>Moto</b>      | 266   | 327    | 333       | 339    | 339     | 228    | 228     | 2060         | 294                      |
| <b>Liviano</b>   | 9203  | 9522   | 9088      | 9312   | 9312    | 8924   | 8924    | 64285        | 9184                     |
| <b>Bus</b>       | 492   | 505    | 527       | 517    | 517     | 493    | 493     | 3544         | 506                      |
| <b>Camión</b>    | 558   | 562    | 586       | 572    | 572     | 250    | 250     | 3350         | 479                      |
| <b>Pesados</b>   | 57    | 70     | 64        | 71     | 71      | 45     | 45      | 423          | 60                       |
| <b>Total</b>     | 10576 | 10986  | 10598     | 10811  | 10811   | 9940   | 9940    | <b>73662</b> | <b>10523</b>             |

*Nota.* Conteo vehicular semanal para distintos tipos de vehículos. Fuente: Dirección de Movilidad y Transporte del Cantón Rumiñahui, 2016.

**Tabla 16**

*Datos del Conteo Automático 2, para la Av. Abdón Calderón en Sentido Este-Oeste,*

*Proyectados al Año 2020*

| Tipo de Vehículo | Días  |        |           |        |         |        |         | Total        | Tráfico Promedio Semanal |
|------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------------|--------------------------|
|                  | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |              |                          |
| <b>Moto</b>      | 270   | 294    | 327       | 327    | 327     | 262    | 262     | 2069         | 296                      |
| <b>Liviano</b>   | 8657  | 8661   | 8682      | 8682   | 8682    | 7903   | 7903    | 59170        | 8453                     |
| <b>Bus</b>       | 533   | 513    | 520       | 520    | 520     | 577    | 577     | 3760         | 537                      |
| <b>Camión</b>    | 429   | 434    | 410       | 410    | 410     | 210    | 210     | 2513         | 359                      |
| <b>Pesados</b>   | 56    | 61     | 83        | 83     | 83      | 27     | 27      | 420          | 60                       |
| <b>Total</b>     | 9945  | 9963   | 10022     | 10022  | 10022   | 8979   | 8979    | <b>67932</b> | <b>9705</b>              |

*Nota.* Conteo vehicular semanal para distintos tipos de vehículos. Fuente: Dirección de Movilidad y Transporte del Cantón Rumiñahui, 2016.

De las tablas presentadas se puede apreciar que se obtuvo el volumen de tráfico promedio semanal, ya que este tráfico fue cuantificado las 24 horas, durante 7 días. A continuación, se presentan los valores de dicho tráfico para cada sentido.

$$T.P.S \text{ (Sentido Oeste – Este)} = 10523 \frac{Veh}{día}$$

$$T.P.S \text{ (Sentido Este – Oeste)} = 9705 \frac{Veh}{día}$$

De acuerdo a la tabla 12 y 13 presentada anteriormente, se obtuvieron los siguientes datos de Tráfico Promedio Diario para cada sentido.

$$T.P.D \text{ (Sentido Norte – Sur)} = 13884 \frac{Veh}{día}$$

$$T.P.D \text{ (Sentido Sur – Norte)} = 13986 \frac{Veh}{día}$$

Por lo tanto, el factor diario sería:

$$Fd \text{ (Sentido Norte – Sur)} = \frac{\text{Volumen de Tráfico Promedio Semanal}}{\text{Volumen de Tráfico Promedio Diario}}$$

$$Fd \text{ (Sentido Norte – Sur)} = \frac{10523 \text{ veh/día}}{13884 \text{ veh /día}}$$

$$Fd \text{ (Sentido Norte – Sur)} = 0.76$$

$$Fd (\text{Sentido Sur} - \text{Norte}) = \frac{\text{Volumen de Tráfico Promedio Semanal}}{\text{Volumen de Tráfico Promedio Diario}}$$

$$Fd (\text{Sentido Sur} - \text{Norte}) = \frac{9705 \text{ veh/día}}{13986 \text{ veh/día}}$$

$$Fd (\text{Sentido Sur} - \text{Norte}) = 0.70$$

### 3.5.1.2. Determinación del factor semanal (Fs)

Para el cálculo de Factor Semanal (Fs), se lo determinó en base a la relación del número de días del mes de diciembre, en el cual se fijó el Volumen de Tránsito Semanal Promedio, con respecto al número de días que tiene el mes de febrero, de esta manera se obtiene una mayoración al mes de diciembre al tener más de 4 semanas.

$$FS_{\text{Diciembre}} = \frac{N^{\circ} \text{ de días mes de Diciembre}}{N^{\circ} \text{ de días mes de Febrero}}$$

$$FS_{\text{Diciembre}} = \frac{31 \text{ días}}{28 \text{ días}}$$

$$FS_{\text{Diciembre}} = 1.11$$

### 3.5.1.3. Determinación del factor mensual (Fm)

El Factor de Ajuste Mensual (Fm), se lo obtuvo respecto a la información del Peaje de la Autopista General Rumiñahui según lo indicado por la Dirección de Movilidad y Transporte del Cantón Rumiñahui, quien facilitó este valor del factor mensual. Este dato fue el siguiente para el mes de diciembre.

$$Fm_{\text{Diciembre}} = 0.92$$

### 3.5.2. Cálculo del TPDA utilizando los factores de variación del tráfico

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), se lo determinó en base a los 4 días en un periodo de 24 horas que el contador automático obtuvo el conocido Volumen de Tráfico Promedio Observado (To), además de los ya calculados factores de variación de tránsito. Por lo cual tendríamos la siguiente expresión:

$$TPDA_{\text{AÑO CERO}} = To * Fd * Fs * Fm$$

Donde:

To: Tráfico Observado que corresponde al Volumen de Tráfico Promedio Diario.

Fd: Factor Diario.

Fs: Factor Semanal.

Fm: Factor Mensual.

Por lo tanto, se tiene el siguiente cálculo del TPDA.

$$TPDA_{AÑO\ 2020\ (Sentido\ Norte-Sur)} = 13884 \frac{veh}{día} * 0.76 * 1.11 * 0.92$$

$$TPDA_{AÑO\ 2020\ (Sentido\ Norte-Sur)} = 10747 \frac{veh}{día}$$

$$TPDA_{AÑO\ 2020\ (Sentido\ Sur-Norte)} = 13986 \frac{veh}{día} * 0.69 * 1.11 * 0.92$$

$$TPDA_{AÑO\ 2020\ (Sentido\ Sur-Norte)} = 9912 \frac{veh}{día}$$

### 3.6. Proyección del tráfico actual

Conociendo la base principal que es el tráfico actual, se debe considerar para el diseño el tráfico generado, el tráfico desarrollado, el crecimiento normal del tráfico para un tiempo de predicción de tráfico de 10 y 20 años, según lo estipulado en la normativa del Diseño Geométrico de Carreteras MTOP-2003.

“Las proyecciones de tráfico se usan para la clasificación de las carreteras e influyen en la determinación de la velocidad de diseño y de los demás datos geométricos del proyecto.”(MTOP, 2003, pág. 16).

Para el presente estudio se utilizará el método de crecimiento lineal basado en el tráfico actual y en la tasa de crecimiento anual para un periodo de proyección de tráfico de 20 años.

$$TPDA\ futuro = TPDA * (1 + i)^n$$

Dónde:

TPDA = Tráfico Promedio Diario Anual.

i = Tasa de Crecimiento Vehicular.

n = Número de Años de Proyección Vial.

### **3.6.1. Tasa de crecimiento vehicular**

Es un coeficiente que representa la proporción en la que aumenta el parque automotor.

Para este proyecto la tasa de crecimiento vehicular será utilizada con una serie histórica de vehículos matriculados en el Cantón Rumiñahui, mismo que fue obtenido de la Dirección de Movilidad y Transporte del Cantón Rumiñahui.

A continuación, se presenta la tabla de la tasa de crecimiento vehicular.

**Tabla 17**

#### *Tasa de Crecimiento Vehicular*

| <b>Tasas de Crecimiento</b> |                 |              |                 |
|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| <b>Periodo</b>              | <b>Livianos</b> | <b>Buses</b> | <b>Camiones</b> |
| 2009-2015                   | 7.30%           | 3.54%        | 3.76%           |
| 2016-2020                   | 5.64%           | 1.88%        | 3.76%           |
| 2021-2025                   | 5.84%           | 2.08%        | 3.76%           |
| 2026-2030                   | 6.43%           | 2.67%        | 3.76%           |
| 2031-2040                   | 6.30%           | 2.54%        | 3.76%           |

**Nota.** Tasas de crecimiento del año 2009 al año 2040. Fuente: Dirección de Movilidad y Transporte del Cantón Rumiñahui, 2016.

A partir de los datos conocidos tanto del año de proyección vial y la tasa de crecimiento vehicular, calculamos el TPDA proyectado como se indica en las siguientes tablas de resumen para cada sentido.

**Tabla 18***Proyección del Tráfico a 10 y 20 Años en el Sentido Norte - Sur*

| <b>Año</b>  | <b>Tiempo</b> | <b>Moto</b> | <b>Liviano<br/>(2D)</b> | <b>Bus<br/>(2DB)</b> | <b>Camión<br/>(2DA)</b> | <b>Pesado<br/>(3-A)</b> | <b>Total<br/>Vehículos</b> |
|-------------|---------------|-------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| <b>2020</b> | <b>0</b>      | <b>375</b>  | <b>9548</b>             | <b>483</b>           | <b>69</b>               | <b>272</b>              | <b>10747</b>               |
| 2021        | 1             | 397         | 10106                   | 494                  | 72                      | 283                     | 11352                      |
| 2022        | 2             | 421         | 10696                   | 504                  | 75                      | 293                     | 11989                      |
| 2023        | 3             | 445         | 11321                   | 514                  | 78                      | 304                     | 12662                      |
| 2024        | 4             | 471         | 11982                   | 525                  | 80                      | 316                     | 13374                      |
| 2025        | 5             | 499         | 12682                   | 536                  | 83                      | 328                     | 14128                      |
| 2026        | 6             | 546         | 13878                   | 566                  | 87                      | 340                     | 15417                      |
| 2027        | 7             | 581         | 14770                   | 581                  | 90                      | 353                     | 16375                      |
| 2028        | 8             | 618         | 15719                   | 597                  | 93                      | 366                     | 17393                      |
| 2029        | 9             | 658         | 16730                   | 613                  | 97                      | 380                     | 18478                      |
| <b>2030</b> | <b>10</b>     | <b>700</b>  | <b>17806</b>            | <b>629</b>           | <b>100</b>              | <b>394</b>              | <b>19629</b>               |
| 2031        | 11            | 735         | 18703                   | 637                  | 104                     | 409                     | 20588                      |
| 2032        | 12            | 781         | 19881                   | 653                  | 108                     | 424                     | 21847                      |
| 2033        | 13            | 831         | 21134                   | 670                  | 112                     | 440                     | 23187                      |
| 2034        | 14            | 883         | 22466                   | 687                  | 116                     | 457                     | 24609                      |
| 2035        | 15            | 938         | 23882                   | 704                  | 121                     | 474                     | 26119                      |
| 2036        | 16            | 998         | 25387                   | 722                  | 125                     | 491                     | 27723                      |
| 2037        | 17            | 1060        | 26987                   | 741                  | 130                     | 510                     | 29428                      |
| 2038        | 18            | 1127        | 28688                   | 759                  | 135                     | 529                     | 31238                      |
| 2039        | 19            | 1198        | 30496                   | 779                  | 140                     | 549                     | 33162                      |
| <b>2040</b> | <b>20</b>     | <b>1274</b> | <b>32418</b>            | <b>799</b>           | <b>145</b>              | <b>570</b>              | <b>35206</b>               |

*Nota.* Tráfico proyectado para distintos tipos de vehículo a 20 años. Elaborado por: El autor.

**Tabla 19***Proyección del Tráfico a 10 y 20 Años en el Sentido Sur - Norte*

| <b>Año</b>  | <b>Tiempo</b> | <b>Moto</b> | <b>Liviano<br/>(2D)</b> | <b>Bus<br/>(2DB)</b> | <b>Camión<br/>(2DA)</b> | <b>Pesado<br/>(3-A)</b> | <b>Total<br/>Vehículos</b> |
|-------------|---------------|-------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| <b>2020</b> | <b>0</b>      | <b>336</b>  | <b>8821</b>             | <b>380</b>           | <b>55</b>               | <b>320</b>              | <b>9912</b>                |
| 2021        | 1             | 356         | 9337                    | 388                  | 58                      | 333                     | 10472                      |
| 2022        | 2             | 377         | 9882                    | 396                  | 60                      | 345                     | 11060                      |
| 2023        | 3             | 399         | 10459                   | 405                  | 62                      | 358                     | 11683                      |
| 2024        | 4             | 422         | 11070                   | 413                  | 64                      | 371                     | 12340                      |
| 2025        | 5             | 447         | 11716                   | 422                  | 67                      | 385                     | 13037                      |
| 2026        | 6             | 489         | 12821                   | 446                  | 69                      | 400                     | 14225                      |
| 2027        | 7             | 520         | 13645                   | 457                  | 72                      | 415                     | 15109                      |
| 2028        | 8             | 554         | 14523                   | 470                  | 74                      | 430                     | 16051                      |
| 2029        | 9             | 589         | 15456                   | 482                  | 77                      | 447                     | 17051                      |
| <b>2030</b> | <b>10</b>     | <b>627</b>  | <b>16450</b>            | <b>495</b>           | <b>80</b>               | <b>463</b>              | <b>18115</b>               |
| 2031        | 11            | 659         | 17279                   | 501                  | 83                      | 481                     | 19003                      |
| 2032        | 12            | 700         | 18368                   | 514                  | 86                      | 499                     | 20167                      |

|             |           |             |              |            |            |            |              |
|-------------|-----------|-------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|
| 2033        | 13        | 744         | 19525        | 527        | 89         | 518        | 21403        |
| 2034        | 14        | 791         | 20756        | 541        | 93         | 537        | 22718        |
| 2035        | 15        | 841         | 22064        | 554        | 96         | 557        | 24112        |
| 2036        | 16        | 894         | 23454        | 568        | 100        | 578        | 25594        |
| 2037        | 17        | 950         | 24932        | 583        | 104        | 600        | 27169        |
| 2038        | 18        | 1010        | 26504        | 598        | 107        | 622        | 28841        |
| 2039        | 19        | 1074        | 28174        | 613        | 111        | 646        | 30618        |
| <b>2040</b> | <b>20</b> | <b>1141</b> | <b>29950</b> | <b>628</b> | <b>116</b> | <b>670</b> | <b>32505</b> |

*Nota.* Tráfico proyectado para distintos tipos de vehículo a 20 años. Elaborado por: El autor.

### 3.6.2. Tráfico atraído ( $T_a$ )

También llamado tráfico desviado, es aquel que se produce por las mejoras presentadas en la vía propuesta, por ejemplo, el tiempo de viaje, seguridad y comodidad. Además, depende de la capacidad de las carreteras existentes.

Para el presente estudio se estableció un valor de Tráfico Atraído ( $T_a$ ) igual al 8% del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), debido a que la vía del proyecto es una avenida principal y existen 7 intersecciones relevantes que conectan con esta vía. Este porcentaje fue estimado de acuerdo a lo indicado en la normativa AASHTO que tiene la siguiente expresión.

$$T_a = (5\% - 8\%) * TPDA$$

### 3.6.3. Tráfico generado ( $T_g$ )

Este tráfico se produce luego de la terminación de la construcción o mejora de la vía, en un periodo de dos años. “En el país aún no se dispone de estudios respecto al comportamiento de tráfico generado, pero es conveniente disponer de un valor que relacione el grado de mejoramiento con el volumen de tráfico.”(MTO, 2003, pág. 20).

Según la normativa AASHTO menciona que el tráfico generado se encuentra entre los siguientes rangos:

$$T_g = (5\% - 25\%) * TPDA$$

Por lo tanto, el porcentaje asumido para el cálculo a realizarse posteriormente es:

$$Tg = 15\% * TPDA$$

### 3.6.4. Tráfico desarrollado (Td)

“Este tráfico se produce por incorporación de nuevas áreas a la explotación o por incremento de la producción de las tierras localizadas dentro del área de influencia de la carretera.”(MTO, 2003, pág. 21). Para este estudio se aplicó lo indicado por la normativa AASHTO, encontrándose el tráfico desarrollado en los siguientes rangos:

$$Td = (5\% - 8\%) * TPDA$$

Por lo tanto, el porcentaje asumido para el cálculo es:

$$Td = 8\% * TPDA$$

### 3.7. Asignación de tráfico

El análisis para la estimación del tráfico de diseño se lo realiza en función de los diferentes porcentajes de tráfico establecidos con anterioridad, se lo obtendrá para el año inicial y periodo fijado del proyecto por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Tráfico diseño} = TPDA \text{ proyectado} + TPDA \text{ atraído} + TPDA \text{ generado} + TPDA \text{ desarrollado.}$$

A continuación, se presenta los resultados del tráfico de diseño:

**Tabla 20**

*Tráfico de Diseño para Diferentes Periodos en Sentido Norte - Sur*

| Año         | TPDA<br>(Proyectado) | Ta<br>(8%*TPDA) | Tg<br>(15%*TPDA) | Td<br>(8%*TPDA) | Tráfico<br>de<br>Diseño |
|-------------|----------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------|
| <b>2020</b> | <b>10747</b>         | <b>860</b>      | <b>1612</b>      | <b>860</b>      | <b>14079</b>            |
| 2021        | 11352                | 908             | 1703             | 908             | 14871                   |
| 2022        | 11989                | 959             | 1798             | 959             | 15705                   |
| 2023        | 12662                | 1013            | 1899             | 1013            | 16587                   |
| 2024        | 13374                | 1070            | 2006             | 1070            | 17520                   |
| 2025        | 14128                | 1130            | 2119             | 1130            | 18507                   |
| 2026        | 15417                | 1233            | 2313             | 1233            | 20196                   |
| 2027        | 16375                | 1310            | 2456             | 1310            | 21451                   |
| 2028        | 17393                | 1391            | 2609             | 1391            | 22784                   |
| 2029        | 18478                | 1478            | 2772             | 1478            | 24206                   |
| <b>2030</b> | <b>19629</b>         | <b>1570</b>     | <b>2944</b>      | <b>1570</b>     | <b>25713</b>            |

|             |              |             |             |             |              |
|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 2031        | 20588        | 1647        | 3088        | 1647        | 26970        |
| 2032        | 21847        | 1748        | 3277        | 1748        | 28620        |
| 2033        | 23187        | 1855        | 3478        | 1855        | 30375        |
| 2034        | 24609        | 1969        | 3691        | 1969        | 32238        |
| 2035        | 26119        | 2090        | 3918        | 2090        | 34217        |
| 2036        | 27723        | 2218        | 4158        | 2218        | 36317        |
| 2037        | 29428        | 2354        | 4414        | 2354        | 38550        |
| 2038        | 31238        | 2499        | 4686        | 2499        | 40922        |
| 2039        | 33162        | 2653        | 4974        | 2653        | 43442        |
| <b>2040</b> | <b>35206</b> | <b>2816</b> | <b>5281</b> | <b>2816</b> | <b>46119</b> |

*Nota.* Tráfico atraído, generado y desarrollado a partir del tráfico proyectado.

Elaborado por: El autor.

**Tabla 21**

*Tráfico de Diseño para Diferentes Periodos en Sentido Sur - Norte*

| <b>Año</b>  | <b>TPDA<br/>Proyectado</b> | <b>Ta<br/>(8%*TPDA)</b> | <b>Tg<br/>(15%*TPDA)</b> | <b>Td<br/>(8%*TPDA)</b> | <b>Tráfico<br/>de<br/>Diseño</b> |
|-------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| <b>2020</b> | <b>9912</b>                | <b>793</b>              | <b>1487</b>              | <b>793</b>              | <b>12985</b>                     |
| 2021        | 10472                      | 838                     | 1571                     | 838                     | 13719                            |
| 2022        | 11060                      | 885                     | 1659                     | 885                     | 14489                            |
| 2023        | 11683                      | 935                     | 1752                     | 935                     | 15305                            |
| 2024        | 12340                      | 987                     | 1851                     | 987                     | 16165                            |
| 2025        | 13037                      | 1043                    | 1956                     | 1043                    | 17079                            |
| 2026        | 14225                      | 1138                    | 2134                     | 1138                    | 18635                            |
| 2027        | 15109                      | 1209                    | 2266                     | 1209                    | 19793                            |
| 2028        | 16051                      | 1284                    | 2408                     | 1284                    | 21027                            |
| 2029        | 17051                      | 1364                    | 2558                     | 1364                    | 22337                            |
| <b>2030</b> | <b>18115</b>               | <b>1449</b>             | <b>2717</b>              | <b>1449</b>             | <b>23730</b>                     |
| 2031        | 19003                      | 1520                    | 2850                     | 1520                    | 24893                            |
| 2032        | 20167                      | 1613                    | 3025                     | 1613                    | 26418                            |
| 2033        | 21403                      | 1712                    | 3210                     | 1712                    | 28037                            |
| 2034        | 22718                      | 1817                    | 3408                     | 1817                    | 29760                            |
| 2035        | 24112                      | 1929                    | 3617                     | 1929                    | 31587                            |
| 2036        | 25594                      | 2048                    | 3839                     | 2048                    | 33529                            |
| 2037        | 27169                      | 2174                    | 4075                     | 2174                    | 35592                            |
| 2038        | 28841                      | 2307                    | 4326                     | 2307                    | 37781                            |
| 2039        | 30618                      | 2449                    | 4593                     | 2449                    | 40109                            |
| <b>2040</b> | <b>32505</b>               | <b>2600</b>             | <b>4876</b>              | <b>2600</b>             | <b>42581</b>                     |

*Nota.* Tráfico atraído, generado y desarrollado a partir del tráfico proyectado.

Elaborado por: El autor.

Con respecto a los resultados del tráfico de diseño según el tipo de vehículo se tienen las siguientes tablas para diferentes periodos en ambos sentidos:

**Tabla 22***Tráfico de Diseño Según el Tipo de Vehículo en Sentido Norte - Sur*

| <b>Año</b>  | <b>Tiempo</b> | <b>Moto</b> | <b>Liviano<br/>(2D)</b> | <b>Bus<br/>(2DB)</b> | <b>Camión<br/>(2DA)</b> | <b>Pesado<br/>(3-A)</b> | <b>Total<br/>Vehículos</b> |
|-------------|---------------|-------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| <b>2020</b> | <b>0</b>      | <b>491</b>  | <b>12508</b>            | <b>633</b>           | <b>90</b>               | <b>356</b>              | <b>14078</b>               |
| 2021        | 1             | 520         | 13239                   | 647                  | 94                      | 371                     | 14871                      |
| 2022        | 2             | 552         | 14012                   | 660                  | 98                      | 384                     | 15706                      |
| 2023        | 3             | 583         | 14831                   | 673                  | 102                     | 398                     | 16587                      |
| 2024        | 4             | 617         | 15696                   | 688                  | 105                     | 414                     | 17520                      |
| 2025        | 5             | 654         | 16613                   | 702                  | 109                     | 430                     | 18508                      |
| 2026        | 6             | 715         | 18180                   | 741                  | 114                     | 445                     | 20195                      |
| 2027        | 7             | 761         | 19349                   | 761                  | 118                     | 462                     | 21451                      |
| 2028        | 8             | 810         | 20592                   | 782                  | 122                     | 479                     | 22785                      |
| 2029        | 9             | 862         | 21916                   | 803                  | 127                     | 498                     | 24206                      |
| <b>2030</b> | <b>10</b>     | <b>917</b>  | <b>23326</b>            | <b>824</b>           | <b>131</b>              | <b>516</b>              | <b>25714</b>               |
| 2031        | 11            | 963         | 24501                   | 834                  | 136                     | 536                     | 26970                      |
| 2032        | 12            | 1023        | 26044                   | 855                  | 141                     | 555                     | 28618                      |
| 2033        | 13            | 1089        | 27686                   | 878                  | 147                     | 576                     | 30376                      |
| 2034        | 14            | 1157        | 29430                   | 900                  | 152                     | 599                     | 32238                      |
| 2035        | 15            | 1229        | 31285                   | 922                  | 159                     | 621                     | 34216                      |
| 2036        | 16            | 1307        | 33257                   | 946                  | 164                     | 643                     | 36317                      |
| 2037        | 17            | 1389        | 35353                   | 971                  | 170                     | 668                     | 38551                      |
| 2038        | 18            | 1476        | 37581                   | 994                  | 177                     | 693                     | 40921                      |
| 2039        | 19            | 1569        | 39950                   | 1020                 | 183                     | 719                     | 43441                      |
| <b>2040</b> | <b>20</b>     | <b>1669</b> | <b>42468</b>            | <b>1047</b>          | <b>190</b>              | <b>747</b>              | <b>46121</b>               |

*Nota.* El tráfico de diseño a 10 años es igual a 25714 y a 20 años es igual a 46121.

Elaborado por: El autor.

**Tabla 23***Tráfico de Diseño Según el Tipo de Vehículo en Sentido Sur - Norte*

| <b>Año</b>  | <b>Tiempo</b> | <b>Moto</b> | <b>Liviano<br/>(2D)</b> | <b>Bus<br/>(2DB)</b> | <b>Camión<br/>(2DA)</b> | <b>Pesado<br/>(3-A)</b> | <b>Total<br/>Vehículos</b> |
|-------------|---------------|-------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| <b>2020</b> | <b>0</b>      | <b>440</b>  | <b>11556</b>            | <b>498</b>           | <b>72</b>               | <b>419</b>              | <b>12985</b>               |
| 2021        | 1             | 466         | 12231                   | 508                  | 76                      | 436                     | 13718                      |
| 2022        | 2             | 494         | 12945                   | 519                  | 79                      | 452                     | 14489                      |
| 2023        | 3             | 523         | 13701                   | 531                  | 81                      | 469                     | 15305                      |
| 2024        | 4             | 553         | 14502                   | 541                  | 84                      | 486                     | 16165                      |
| 2025        | 5             | 586         | 15348                   | 553                  | 88                      | 504                     | 17078                      |
| 2026        | 6             | 641         | 16796                   | 584                  | 90                      | 524                     | 18635                      |
| 2027        | 7             | 681         | 17875                   | 599                  | 94                      | 544                     | 19793                      |
| 2028        | 8             | 726         | 19025                   | 616                  | 97                      | 563                     | 21027                      |
| 2029        | 9             | 772         | 20247                   | 631                  | 101                     | 586                     | 22337                      |
| <b>2030</b> | <b>10</b>     | <b>821</b>  | <b>21550</b>            | <b>648</b>           | <b>105</b>              | <b>607</b>              | <b>23731</b>               |
| 2031        | 11            | 863         | 22635                   | 656                  | 109                     | 630                     | 24894                      |

|             |           |             |              |            |            |            |              |
|-------------|-----------|-------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|
| 2032        | 12        | 917         | 24062        | 673        | 113        | 654        | 26419        |
| 2033        | 13        | 975         | 25578        | 690        | 117        | 679        | 28038        |
| 2034        | 14        | 1036        | 27190        | 709        | 122        | 703        | 29761        |
| 2035        | 15        | 1102        | 28904        | 726        | 126        | 730        | 31587        |
| 2036        | 16        | 1171        | 30725        | 744        | 131        | 757        | 33528        |
| 2037        | 17        | 1245        | 32661        | 764        | 136        | 786        | 35591        |
| 2038        | 18        | 1323        | 34720        | 783        | 140        | 815        | 37782        |
| 2039        | 19        | 1407        | 36908        | 803        | 145        | 846        | 40110        |
| <b>2040</b> | <b>20</b> | <b>1495</b> | <b>39235</b> | <b>823</b> | <b>152</b> | <b>878</b> | <b>42582</b> |

*Nota.* El tráfico de diseño a 10 años es igual a 23731 y a 20 años es igual a 42582.

Elaborado por: El autor.

### 3.8. Determinación de la clase de vía de acuerdo con el tráfico

De acuerdo a la normativa de Diseño Geométrico de Carreteras (MTO-2003), se realizó la clasificación de la vía para un periodo de 20 años y un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de diseño igual a 46121 vehículos/día en sentido Norte – Sur y 42582 vehículos/día en sentido Sur - Norte, como resultado la vía en estudio tiene una clase de carretera tipo R-I o R-II con función de CORREDOR ARTERIAL como se indica en las siguientes tablas:

**Tabla 24**

*Clasificación de Carreteras en Función del Tráfico Proyectado (TPDA)*

| <b>CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN<br/>FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO</b> |                                  |
|--|----------------------------------|
| <b>Clase de<br/>Carretera</b>  | <b>Tráfico Proyectado TPDA *</b> |
| <b>R-I o R-II</b>  | <b>Más de 8000</b>               |
| I  | De 3000 a 8000                   |
| II   | De 1000 a 3000                   |
| III  | De 300 a 1000                    |
| IV   | De 100 a 300                     |
| V  | Menos de 100                     |

*Nota.* Su clasificación es de R-I o R-II conocidas como autopistas. Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MTO, 2003.

**Tabla 25***Clasificación de la Vía Respecto a su Función y al TPDA de Diseño*

| <b>FUNCIÓN</b>           | <b>CLASE DE CARRETERA (según MOP)</b> | <b>TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO)</b> |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>CORREDOR ARTERIAL</b> | <b>RI - RII (2)</b>                   | <b>&gt;8000</b>                       |
|                          | I                                     | 3000 - 8000                           |
| COLECTORA                | II                                    | 1000 - 3000                           |
|                          | I                                     | 3000 - 8000                           |
|                          | II                                    | 1000 - 3000                           |
|                          | III                                   | 300 - 1000                            |
| VECINAL                  | IV                                    | 100 - 300                             |
|                          | IV                                    | 100 - 300                             |
|                          | V                                     | < 100                                 |

*Nota.* La función de la vía será de corredor arterial. Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MTOP, 2003.

### **3.9. Cálculo de los ejes equivalentes por el método AASHTO**

Denominados Esal's por sus siglas en inglés "Equivalent Single Axle Load", la transformación de ejes equivalente es una tarea compleja, hay que tener claro el concepto del tipo de eje y su peso, ya que éste influye directamente al comportamiento del pavimento. Con los porcentajes de tipos de vehículos que obtenemos a través de la composición del tráfico, procedemos a convertirlos en ejes equivalentes (cargas). (Barreto, Banguera and Córdova, 2018, pág. 61).

#### **3.9.1. Cálculo de los ejes equivalentes para pavimento flexible por el método**

##### ***AASHTO SIMPLIFICADO para un periodo de 20 años***

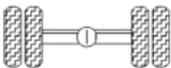
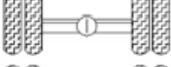
Por este método se obtendrá la suma de ejes equivalentes de 8.2 toneladas, aplicados al carril de diseño, para un periodo de diseño de 20 años. Dicho método introduce un factor de equivalencia de carga o factor daño para distinto tipo de vehículo.

### 3.9.1.1. Factor de equivalencia de carga por el método AASHTO simplificado

“Se utiliza para cuantificar los efectos del daño de diferentes configuraciones de ejes y cargas en términos de un número equivalente de ejes estándares.”(Vasquez, 2016, pág. 4). A continuación, se presenta las siguientes fórmulas simplificadas para determinar el factor de carga equivalente para cada tipo de eje que recomienda en el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito (AASHTO, 1993).

**Tabla 26**

*Fórmulas Simplificadas para el Cálculo del Factor de Equivalencia de Carga por cada Tipo de Eje, Utilizando el Criterio de la Ley de la Cuarta Potencia*

| TIPO DE EJE         | CONFIGURACIÓN   | FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA        |
|---------------------|---|---|
| Simple rueda simple |  | $F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{6.6}\right)^4$ |
| Simple rueda doble  |  | $F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{8.2}\right)^4$ |
| Tándem              |  | $F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{15}\right)^4$  |
|                     |  |   |
| Tridem              |  | $F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{23}\right)^4$  |
|                     |  |   |

**Nota.** Para cada tipo de eje se tiene s factor de equivalencia de carga. Fuente: (Higuera Sandoval, 2011, pág. 59).

### 3.9.2. Obtención de ESAL's por el método AASHTO simplificado

Los ESAL's son el resultado de la suma de los Factores de Daño para cada tipo de eje de acuerdo al tipo de vehículo comercial determinados con las fórmulas de equivalencia de carga, esto multiplicado por el TPDA del tipo de vehículo correspondiente.

**Tabla 27**

*Cálculo del ESAL's para el Año base en el Sentido Norte-Sur*

| Clase           | Tipo  | TPDA  | Tipo de Eje | Carga (Ton/Eje) | F.E.C        | ESAL's          |
|-----------------|-------|-------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|
| <b>Livianos</b> | 2D    | 12508 | S.R.S       | 3               | 0.0427       | 533.946         |
|                 |       |       | S.R.S       | 4               | 0.1349       | 1687.532        |
| <b>Buses</b>    | 2DB   | 633   | S.R.S       | 7               | 1.2654       | 800.977         |
|                 |       |       | S.R.D       | 11              | 3.2383       | 2049.836        |
| <b>Camión</b>   | 2DA   | 90    | S.R.S       | 3               | 0.0427       | 3.842           |
|                 |       |       | S.R.D       | 7               | 0.5311       | 47.795          |
| <b>Pesados</b>  | 3-A   | 356   | S.R.S       | 7               | 1.2654       | 450.471         |
|                 |       |       | TÁNDEM      | 20              | 3.1605       | 1125.136        |
|                 | Total | 13587 |             |                 | <b>Total</b> | <b>6699.534</b> |

*Nota.* Se tiene un numero de ESAL's total de 6699.534, para las distintas clases de vehículos. Elaborado por: El autor.

**Tabla 28**

*Cálculo del ESAL's para el Año base en el Sentido Sur-Norte*

| Clase           | Tipo  | TPDA  | Tipo de Eje | Carga (Ton/Eje) | F.E.C        | ESAL's          |
|-----------------|-------|-------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|
| <b>Livianos</b> | 2D    | 11556 | S.R.S       | 3               | 0.0427       | 493.286         |
|                 |       |       | S.R.S       | 4               | 0.1349       | 1559.026        |
| <b>Buses</b>    | 2DB   | 498   | S.R.S       | 7               | 1.2654       | 629.900         |
|                 |       |       | S.R.D       | 11              | 3.2383       | 1612.019        |
| <b>Camión</b>   | 2DA   | 72    | S.R.S       | 3               | 0.0427       | 3.076           |
|                 |       |       | S.R.D       | 7               | 0.5311       | 38.262          |
| <b>Pesados</b>  | 3-A   | 419   | S.R.S       | 7               | 1.2654       | 530.442         |
|                 |       |       | TÁNDEM      | 20              | 3.1605       | 1324.879        |
|                 | Total | 12545 |             |                 | <b>Total</b> | <b>6190.889</b> |

*Nota.* Se tiene un numero de ESAL's total de 6190.889, para las distintas clases de vehículos. Elaborado por: El autor.

De las tablas presentadas se puede apreciar que el número de ejes equivalentes de 8.2 ton o N° de ESAL's en el sentido Norte – Sur es de 6699.534 y en el sentido Sur – Norte es de 6190.889, estos valores los utilizaremos más adelante para la proyección del periodo de diseño.

### **3.9.3. ESAL's de diseño**

El ESAL's de diseño resulta de la proyección y acumulación de ejes equivalentes, considerando además dos factores, uno de acuerdo a el número de carriles (Factor Carril) y el factor de distribución de dirección de flujo (Factor Dirección). Para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación.

$$N = (Nd * 365 * Fd * Fc) * \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

N: Numero de ESAL's/año proyectados y acumulados para el periodo de diseño.

Nd: Número de ESAL's/día en el año cero.

Fc: Factor carril.

Fd: Factor dirección.

r: Tasa de crecimiento vehicular.

n: Número de años para la proyección.

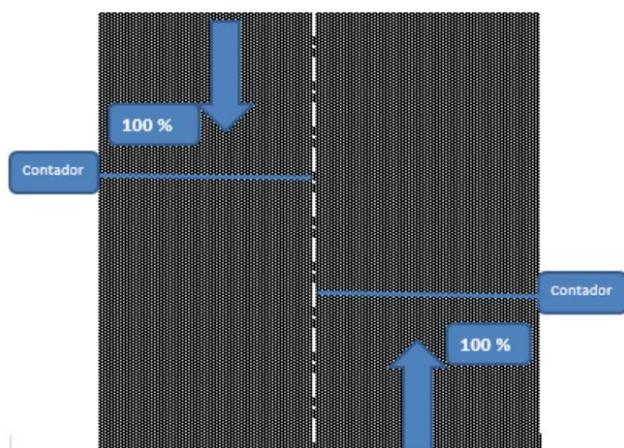
#### **3.9.3.1. Factor de dirección**

Es un factor de distribución que está dado por la dirección en la que circulan los vehículos, se lo obtiene conociendo la cuantificación por sentido, para así determinar el porcentaje de flujo por dirección, se debe tener en cuenta que este factor de distribución se establece en base a la distribución porcentual de los vehículos pesados.

A continuación, se presenta un esquema.

**Figura 11**

*Esquema Respecto al Factor Dirección*



*Nota.* Contadores automáticos, uno por sentido. Fuente: Diseño de pavimentos flexibles (Yáñez, 2010).

Se puede apreciar que al tener un contador por dirección su porcentaje es del 100%, por lo cual adoptamos un factor de dirección de 1 de acuerdo a la siguiente tabla establecida por la normativa AASHTO.

**Tabla 29**

*Factor Dirección*

| <b>FACTOR DIRECCIÓN</b> |           |
|-------------------------|-----------|
| <b>Porcentaje</b>       | <b>Fd</b> |
| (40 - 60) %             | 0.5       |
| (70 - 30) %             | 0.7       |
| <b>100%</b>             | <b>1</b>  |

*Nota.* Factor dirección relacionado para distintos rangos de porcentaje. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement,1993.

### **3.9.3.2. Factor carril**

Es un factor de distribución que está en función del número de carriles, para este proyecto se tendrá tres carriles en el sentido de ampliación, por lo tanto, se adopta un factor carril de 0.75, esto lo podemos apreciar en la siguiente tabla establecida por la normativa AASHTO.

**Tabla 30***Factor de Distribución por Carril*

| <b>FACTOR CARRIL</b>                    |                      |
|---|----------------------|
| <b>Número de carriles por dirección</b> | <b>Factor carril</b> |
| 1                                       | 1                    |
| 2                                       | 0.9                  |
| <b>3</b>                                | <b>0.75</b>          |
| 4                                       | 0.5                  |

*Nota.* Factor carril en función del número de carriles por dirección. Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement, 1993.

Conociendo el valor de la tasa de crecimiento vehicular expuesto en el punto 3.6 de este estudio procedemos a realizar el cálculo para obtener el ESAL's de diseño que se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 31***Cálculo del ESAL's de Diseño para un Periodo de 10 Años en Sentido Norte-Sur*

| <b>Tipo de Vehículo</b> | <b>Nd</b>       | <b>Fd</b> | <b>Fc</b>    | <b>N</b>             |
|-------------------------|-----------------|-----------|--------------|----------------------|
| <b>Buses</b>            | 2850.813        |           |              | 8760301.838          |
| <b>Camión</b>           | 51.637          | 1         | 0.75         | 167835.74            |
| <b>Pesados</b>          | 1575.606        |           |              | 5121233.07           |
| <b>Total</b>            | <b>4478.056</b> |           | <b>Total</b> | <b>14 049 370.64</b> |

*Nota.* ESAL's de diseño igual a 14049370.64. Elaborado por: El autor.

**Tabla 32***Cálculo del ESAL's de Diseño para un Periodo de 10 Años en Sentido Sur-Norte*

| <b>Tipo de Vehículo</b> | <b>Nd</b>       | <b>Fd</b> | <b>Fc</b>    | <b>N</b>             |
|-------------------------|-----------------|-----------|--------------|----------------------|
| <b>Buses</b>            | 2241.919        |           |              | 8267067.78           |
| <b>Camión</b>           | 41.338          | 1         | 0.9          | 161234.20            |
| <b>Pesados</b>          | 1855.321        |           |              | 7236474.95           |
| <b>Total</b>            | <b>4138.578</b> |           | <b>Total</b> | <b>15 664 776.93</b> |

*Nota.* ESAL's de diseño igual a 15664776.93. Elaborado por: El autor.

**Tabla 33***Cálculo del ESAL's de Diseño para un Periodo de 20 Años en Sentido Norte-Sur*

| Tipo de Vehículo | Nd              | Fd | Fc           | N                    |
|------------------|-----------------|----|--------------|----------------------|
| <b>Buses</b>     | 2850.813        |    |              | 20020812.44          |
| <b>Camión</b>    | 51.637          | 1  | 0.75         | 410599.61            |
| <b>Pesados</b>   | 1575.606        |    |              | 12528775.91          |
| <b>Total</b>     | <b>4478.056</b> |    | <b>Total</b> | <b>32 960 187.97</b> |

*Nota.* ESAL's de diseño igual a 32960187.97. Elaborado por: El autor.

**Tabla 34***Cálculo del ESAL's de Diseño para un Periodo de 20 Años en Sentido Sur-Norte*

| Tipo de Vehículo | Nd              | Fd | Fc           | N                    |
|------------------|-----------------|----|--------------|----------------------|
| <b>Buses</b>     | 2241.919        |    |              | 18893574.28          |
| <b>Camión</b>    | 41.338          | 1  | 0.9          | 394449.36            |
| <b>Pesados</b>   | 1855.321        |    |              | 17703582.68          |
| <b>Total</b>     | <b>4138.578</b> |    | <b>Total</b> | <b>36 991 606.32</b> |

*Nota.* ESAL's de diseño igual a 36991606.32. Elaborado por: El autor.

Por lo cual, para el diseño estructural del pavimento que se desarrollará en el capítulo cinco, se lo diseñará para un periodo de 20 años, por lo cual utilizaremos el valor de **32 960 188** ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el sentido de la ampliación vial, es decir para el sentido Norte-Sur.

## CAPÍTULO IV

### 4. ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

#### 4.1. Localización del proyecto

El proyecto está ubicado al Sur de la ciudad de Quito, Valle de los Chillos, Cantón Rumiñahui, entre las parroquias de Sangolquí, San Rafael y el sector del Triángulo. A continuación, se presentan las coordenadas UTM de la ubicación del proyecto.

**Tabla 35**

*Coordenadas de Ubicación del Proyecto para Trazado Definitivo*

| Ubicación |               | Coordenadas UTM                   | Cota (m.s.n.m) |
|-----------|---------------|-----------------------------------|----------------|
| INICIO    | Abscisa 0+000 | 783720.3205m E<br>9965391.3538m N | 2480.12        |
| FIN       | Abscisa 1+266 | 783869.2977m E<br>9964137.9631m N | 2496.54        |

**Nota.** Las coordenadas en este tramo serán el punto de la Academia de Guerra y del redondel del centro comercial River Mall. Elaborado por: El autor.

**Tabla 36**

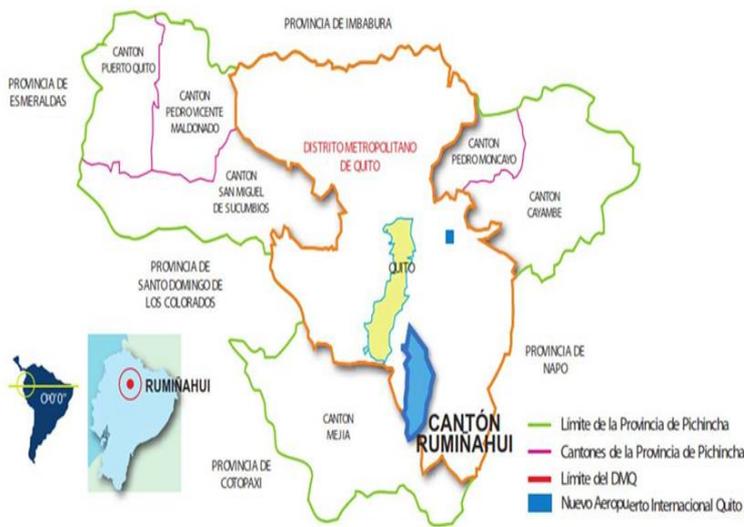
*Coordenadas de Ubicación del Proyecto a Nivel de Factibilidad*

| Ubicación |               | Coordenadas UTM                   | Cota (m.s.n.m) |
|-----------|---------------|-----------------------------------|----------------|
| INICIO    | Abscisa 0+000 | 782702.90 m E<br>9966728.85 m N   | 2462.00        |
| FIN       | Abscisa 1+703 | 783720.3205m E<br>9965391.3538m N | 2480.12        |

**Nota.** Las coordenadas respecto a este tramo empiezan con la abscisa 0+000 en el sector del Triángulo terminando en la Academia de Guerra. Elaborado por: El autor.

**Figura 12**

*Ubicación General del Proyecto*



**Nota.** Limitaciones del cantón Rumiñahui. Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, 2014).

**Figura 13**

*Ubicación Especifica del Proyecto*



**Nota.** Cantón Rumiñahui con sus respectivas parroquias. Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, 2014)

## 4.2. Información climática

Principalmente el Cantón Rumiñahui presenta un clima Ecuatorial Mesotérmico húmedo en un 75%, además pertenece a la zona subtropical de tierras altas, su temperatura oscila entre los 16 a 23 °C durante el día, mientras que por las noches disminuye hasta los 8 °C. Por otra parte, los meses de mayor precipitación son los meses de abril y octubre, teniendo en cuenta que la precipitación media es de 1000mm.

A continuación, se presenta una tabla con los factores climáticos medios, que presenta el Cantón Rumiñahui.

**Tabla 37**

*Factores Climáticos del Cantón Rumiñahui*

| Áreas                               | Temperatura (°C) | Precipitación (mm) | Humedad (%) | Vientos (Dirección) | Nubosidad (Cielo Cubierto) | Heliofanía (Horas Sol) |
|-------------------------------------|------------------|--------------------|-------------|---------------------|----------------------------|------------------------|
| <b>Urbana (Sangolquí)</b>           | 15.45            | 1000               | 73.5        | SE                  | 5.4                        | 171.6                  |
| <b>Rural (Rumipamba, Cotogchoa)</b> | 11.6             | 1421               | 81          | SE                  | 6                          | Sin Dato               |

*Nota.* Factores climáticos medios en zona urbana y rural. Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, 2014).

## 4.3. Geomorfología

El Cantón Rumiñahui presenta una morfología muy variada, en las partes bajas se componen de niveles casi planos a ondulados por los cauces de quebradas, mientras que en las partes altas presenta relieves colinados. El presente proyecto se encuentra en las partes bajas con niveles casi planos a una altura promedio de 2490 m.s.n.m. El Cantón Rumiñahui fue conformado principalmente por la acción volcánica, por lo cual se denotan relieves volcánicos, flujos de lava y los flancos de volcán, geológicamente formado por andesitas y basalto feldespático. Los procesos deposicionales y acumulativos se encargaron de dar la forma de relieve como superficies onduladas y

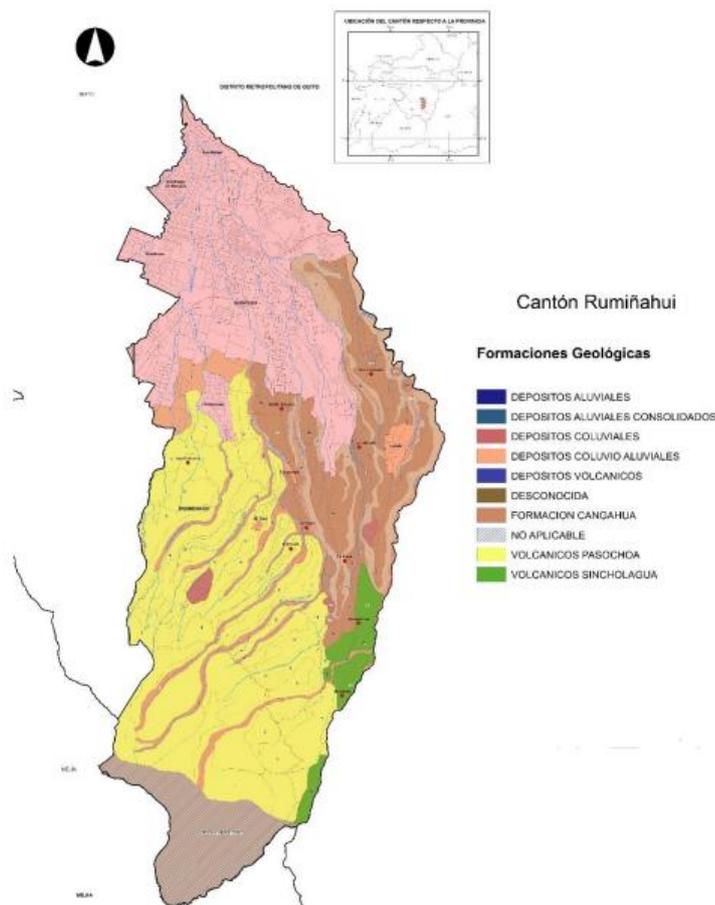
llanuras, los mismos que previamente fueron rellenadas por flujos piroclásticos, flujos de ceniza y depósitos laharíticos.

#### 4.4. Descripción geológica

El Cantón Rumiñahui geológicamente se encuentra ubicado dentro del basamento del Graben, es decir situado entre los volcanes Ilaló y Paschoa, los mismos que pertenecen a la falla central de la depresión interandina. Geológicamente compuestas de depósitos laharíticos, sedimentos chiche, depósitos aluviales, depósitos coluviales y formación de cangagua.

#### Figura 14

*Unidades Geológicas del Cantón Rumiñahui*



**Nota.** Formaciones geológicas del cantón Rumiñahui. Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, 2014).

La zona de estudio del presente proyecto principalmente muestra formaciones geológicas de Chiche. De acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui manifiesta lo siguiente:

“En el cantón Rumiñahui esta formación aflora en la parte centro este y está asociada a relieves volcánicos, vertientes abruptas y gargantas, litológicamente constituidos desde la parte inferior a la superior de grano medio, conglomerados con abundancia de cantos de matriz tobácea; generalmente los sedimentos Chiche se encuentran cubiertos por una gruesa capa de Cangagua.”(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, 2014, pág. 27).

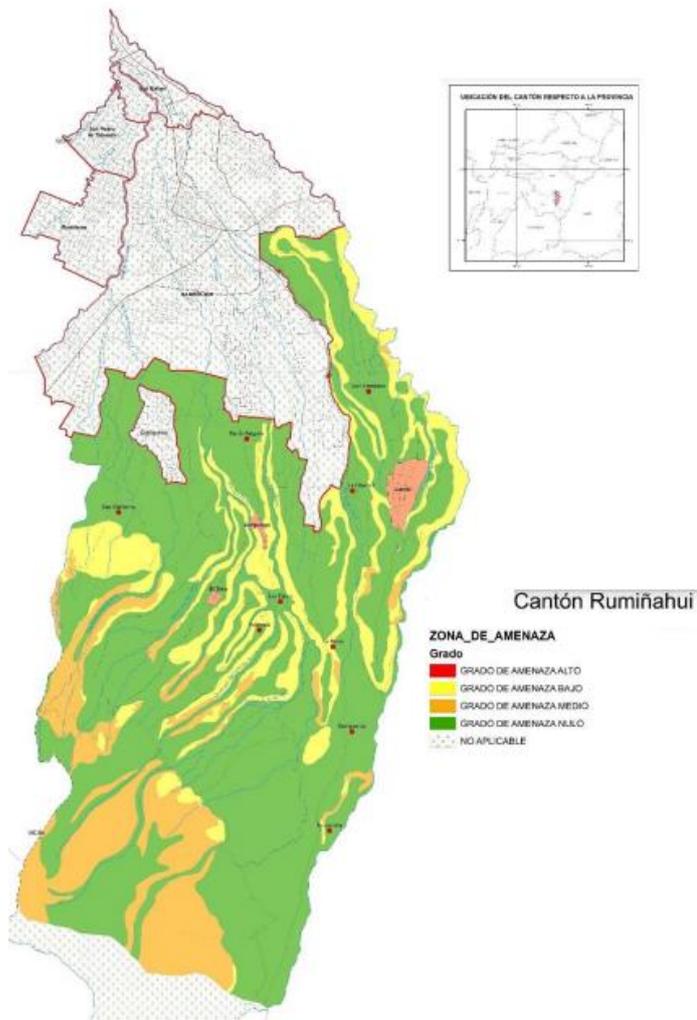
#### **4.5. Riesgos naturales**

Son la posibilidad de que afecte un lugar o territorio por sucesos naturales como amenazas o peligros por deslizamiento, sismos, inundaciones y volcanismo. A continuación, se detallarán si estos riesgos naturales afectan directamente al lugar del proyecto.

La amenaza para deslizamientos, caídas y flujos en el Cantón Rumiñahui muestra tres niveles, los cuales son alto, medio y bajo. Principalmente se ubican en la parte oeste y sur del cantón, por lo tanto, para nuestro proyecto tienen un grado de amenaza nulo, ya que las geoformas de esta zona son relieves colinados medios, bajos y muy bajos, formados por cangahua, flujos de lava, coluvio aluvial antiguo y relieve lacustre ondulado.

**Figura 15**

*Zonas de Amenazas por Deslizamientos, Caídas y Flujos*



**Nota.** Niveles de amenaza alto, medio y bajo. Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, 2014).

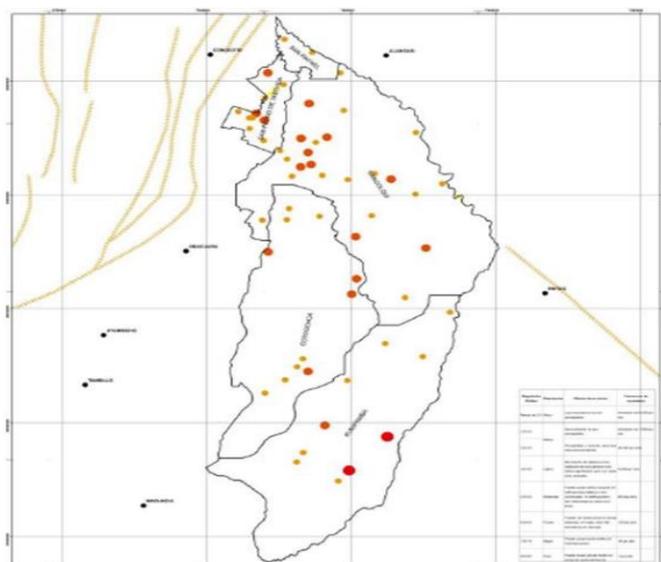
#### **4.5.1. Susceptibilidad a sismos**

En el Cantón Rumiñahui se presentan registros sísmicos entre 0 y 7 grados de magnitud en la escala de Richter, según el Mapa de Sismicidad Histórica del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN).

Por otro lado, el cantón se encuentra en la zona IV, es decir en una zona de muy alta intensidad sísmica.

## Figura 16

Mapa de Actividad Sísmica del Cantón Rumiñahui



**Nota.** El cantón es susceptible a sismos. Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, 2014).

A continuación, se presenta una tabla de los eventos sísmicos más importantes registrados desde el año 1990 hasta el ocurrido en el mes de octubre del año 2011.

**Tabla 38**

*Eventos Sísmicos Importantes del Cantón Rumiñahui*

| <b>Fecha</b> | <b>Latitud</b> | <b>Longitud</b> | <b>Profundidad</b> | <b>Magnitud</b> |
|--------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| 17/02/2011   | -0.24          | -78.5           | 11.7               | 3.9             |
| 17/02/2011   | -0.25          | -78.49          | 14.8               | 4.1             |
| 08/03/2004   | -0.25          | -78.49          | 1.9                | 4               |
| 10/01/2004   | -0.4392        | -78.475         | 2.4                | 4               |
| 24/09/1998   | -0.22          | -78.45          | 2.2                | 4               |
| 28/02/1994   | -0.4709        | -78.4402        | 0                  | 4.4             |
| 12/05/1992   | -0.3754        | -78.4838        | 2.5                | 4               |
| 13/04/1992   | -0.3905        | -78.4917        | 1.4                | 4.1             |
| 16/07/1990   | -0.4575        | -78.4283        | 0                  | 4.9             |

**Nota.** Magnitud máxima igual a 4.9 en el primer año de registro. Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Como se puede apreciar estos eventos tienen una magnitud máxima de 4.9 grados en la escala de Richter, lo cual no ha generado daños por su baja intensidad, pero si

fueron sentidos por la población. Estos eventos sísmicos se los puede ubicar en sentido Norte-Sur desde la latitud -0.2 ubicado en Conocoto, hasta latitud -0.4 ubicado en el Pasochoa, por otro lado, en el sentido Este-Oeste desde la longitud -78.5 en Amaguaña, hasta a longitud -78.4 en Conocoto.

También se debe tener en cuenta que el Cantón Rumiñahui debido a la cercanía a la falla de Quito, presenta alta probabilidad de liberación de energía sísmica.

#### ***4.5.2. Susceptibilidad a volcanismo***

El presente proyecto si es susceptible a volcanismo por parte del volcán Cotopaxi, el mismo que está ubicado a 60 km al sureste del cantón Quito, y sustenta a tres sistemas fluviales, los cuales son: el Rio Pita (Norte), Rio Cutuchi (Sur) y Rio Tambo y Tamboyacu (Este), donde el sistema fluvial que ayudaría a ocasionar posibles daños sería el Rio Pita.

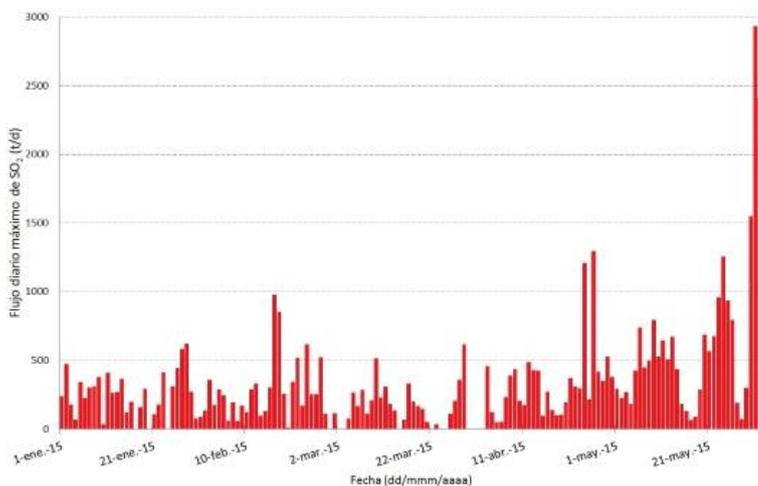
“La actividad del volcán Cotopaxi en los años 1768 y 1877 produjo serios daños debido a los lahares; éstos pueden afectar principalmente a las poblaciones e infraestructura ubicada a lo largo de los ríos Pita, Santa Clara y San Pedro.” (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, 2014).

Cabe mencionar que gracias al monitoreo realizado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, se logra conocer anomalías que genera el volcán, por ejemplo, las últimas importante fueron detectadas en el año 2015, produciendo en el mes de abril actividad sísmica, posterior en el mes de mayo del mismo año se produjo emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), en junio de 2015 presentó actividad interna y externa como vibración en el conducto, actividad fumarólica, es decir gases, vapor de agua y presentó nuevas grietas, en agosto de 2015 se produjo dos pequeñas explosiones originando caída de ceniza.

A continuación, se indican dos esquemas obtenidos por las recientes actividades producidas por el volcán en el año 2015.

**Figura 17**

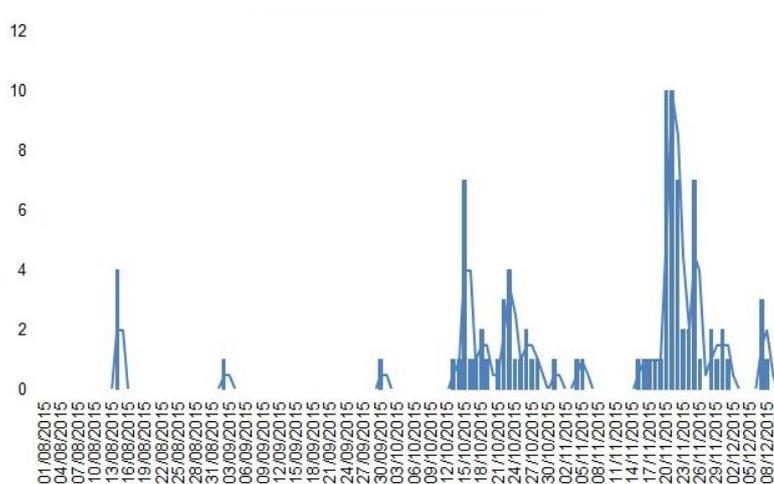
*Flujo Diario Máximo de SO<sub>2</sub>, en el Volcán Cotopaxi Año 2015*



**Nota.** Flujo diario máximo de SO<sub>2</sub> en función de meses del año 2015. Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

**Figura 18**

*Explosiones Producidas por el Volcán Cotopaxi, Agosto-Diciembre 2015*



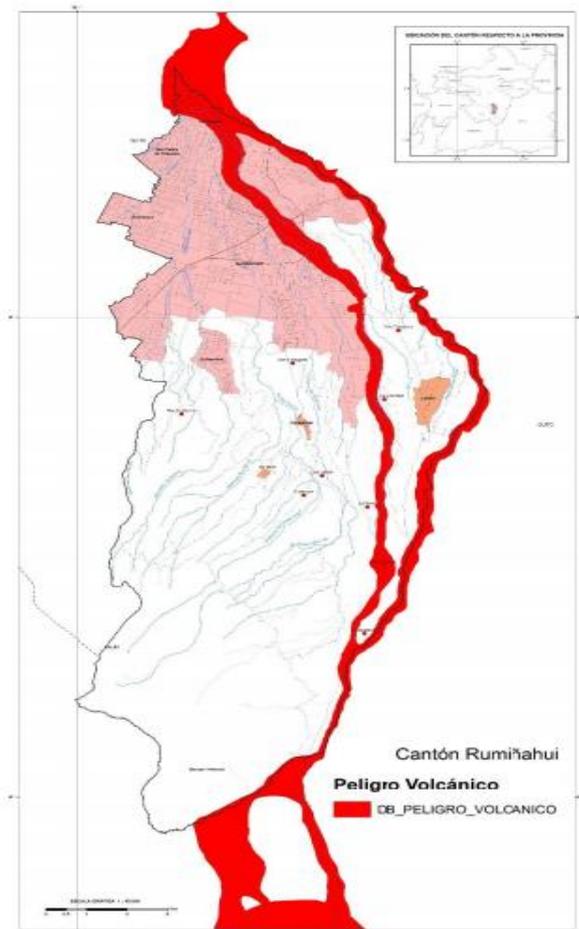
**Nota.** Número de explosiones en distintos días del año 2015. Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Las posibles zonas afectadas por los lahares y ceniza que generará el volcán Cotopaxi serán las parroquias de Sangolquí, San Rafael y Rumipamaba, por lo cual el presente proyecto tiene posibilidades de tener afectaciones especialmente por los lahares conducidos por la quebrada del río Santa Clara.

A continuación, se muestra un mapa indicando la amenaza por lahares de acuerdo al IG-EPN.

### **Figura 19**

*Mapa de Amenazas por Lahares Producto de una Posible Erupción del Volcán Cotopaxi.*



**Nota.** Existe peligro volcánico respecto a la zona de estudio. Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, 2014).

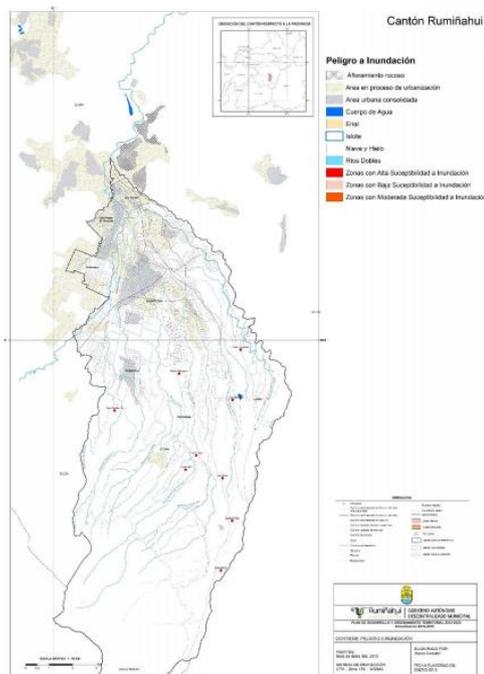
#### 4.5.3. Susceptibilidad a inundaciones

Históricamente la mayoría de estos eventos se han desarrollado en las zonas urbanas del cantón, debido a que gran parte de estos asentamientos (San Pedro de Taboada, Sangolquí y San Rafael, Selva Alegre) se encuentran cerca de las orillas de los ríos Pita, San Pedro y Santa Clara especialmente. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, 2014).

Por lo tanto, el proyecto si es susceptible a inundaciones debido al taponamiento, saturación de los sistemas de recolección pluvial, además de rellenos en drenajes naturales (quebradas) y construcciones en sitios inadecuados, esto hace que una alta escorrentía originada por fuertes lluvias no fluya de manera correcta, en consecuencia, se tiene inundaciones de las zonas colindante a los ríos antes mencionados.

**Figura 20**

*Mapa de Amenazas por Peligro de Inundaciones*



**Nota.** Existe peligro a inundaciones en la zona de estudio. Fuente: (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, 2014).

## 4.6. Caracterización de la subrasante

La subrasante se la puede definir como la explanada de suelo que dará soporte a las capas estructurales, carpeta asfáltica y cargas producidas por el tránsito. Razón por la cual es fundamental realizar el estudio geotécnico de la subrasante para que la vía tenga un buen funcionamiento, producto de un adecuado diseño estructural vial.

### 4.6.1. Trabajo en campo

Para efectuar la prospección en campo de la subrasante, abordaremos sondeos directos por medio de calicatas para extraer muestras alteradas, que posterior serán estudiadas en el laboratorio, con el propósito de establecer propiedades físicas y mecánicas.

Generalmente en nuestro medio los sondeos se efectúan cada 500 y 1000m de acuerdo a la importancia de la vía, para el proyecto utilizaremos un espaciamiento de 500 metros para cada sondeo, basándonos en Braja M Das, autor del libro “Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones”. A continuación, se presenta una tabla para espaciamientos aproximados de perforaciones, de acuerdo a la fuente ya mencionada.

**Tabla 39**

*Espaciamiento Aproximado de las Perforaciones*

| <b>Tipo de Proyecto</b>         | <b>Espaciamiento (m)</b> |
|---------------------------------|--------------------------|
| Edificios de muchos pisos       | 10 - 30                  |
| Plantas Industriales de un piso | 20 - 60                  |
| <b>Carreteras</b>               | <b>250 - 500</b>         |
| Subdivisión Residencial         | 250 - 500                |
| Presas y Diques                 | 40 - 80                  |

**Nota.** Espaciamiento de acuerdo al tipo de proyecto. Fuente: Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones Braja M Das, 2011.

Se excavo calicatas de 60 cm x 60 cm al costado derecho de la vía, sentido Norte – Sur, a una profundidad de 1.5 metros. Como anexos se adjuntarán fotografías de la extracción de muestras.

Tomando en consideración la teoría de Boussinesq, que menciona que la profundidad de disipación de los esfuerzos al colocar una carga vehicular es de 1.5 a 2 metros a partir del nivel del proyecto.

**Tabla 40**

*Ubicación de Calicatas*

| Calicata N° | Abscisa | Profundidad (m) | Tipo de Muestra |
|-------------|---------|-----------------|-----------------|
| 1           | 0+045   | 1.5             | Alterada        |
| 2           | 0+585   | 1.5             | Alterada        |
| 3           | 1+120   | 1.5             | Alterada        |

**Nota.** Muestras de suelo alteradas. Elaborado por: El autor.

**4.6.2. Trabajo en laboratorio**

Las muestras se ensayaron en el laboratorio de suelos de la empresa GEOSOIL CÍA LTDA. Estas muestras fueron trasladadas para su ensayo con cuidado para mantener su estado natural, es aquí donde se establecen propiedades físicas y mecánicas, que servirán para posterior llevar a cabo el diseño de la estructura vial. Para nuestro estudio se realizaron los siguientes ensayos.

**Tabla 41**

*Ensayos de Laboratorio*

| Ensayos de Laboratorio           | Normativa              |
|----------------------------------|------------------------|
| Contenido de Humedad             | A.S.T.M. D 2216-19     |
| Granulometría                    | A.S.T.M. D 422         |
| Límite Líquido y Límite Plástico | A.S.T.M. D 4318 - 17e1 |
| Clasificación de Suelos SUCS     | A.S.T.M. D2487-11      |
| Clasificación de Suelos AASHTO   | A.S.T.M. D3282         |
| Compactación (Método Modificado) | A.S.T.M. D 1557-12e1   |
| CBR                              | A.S.T.M. D-1883        |

**Nota.** Ensayos ejecutados cumpliendo la normativa respectiva. Elaborado por: El autor.

Como anexos se adjuntarán fotografías, tablas de resultados de los ensayos antes mencionados, de la misma manera gráficas respecto al límite líquido, proctor modificado y lo que con lleva a la determinación del CBR.

#### **4.6.2.1. Contenido de humedad**

Para realizar este ensayo se aplica la normativa ASTM D-2216-19, la misma que define al contenido de humedad de la siguiente manera “La razón, expresada como porcentaje, de la masa del agua contenida en los poros, o agua libre, en una masa dada de material con respecto a la masa del material sólido. Se usa una temperatura estándar de 110+- 5°C para determinar estas masas.”(Norma ASTM D-2216-98, 2019, pág. 3).

Para el presente proyecto se presenta la siguiente tabla de resultados finales.

**Tabla 42**

*Resultados del Contenido de Humedad*

| <b>Calicata N°</b> | <b>Contenido de Humedad (%)</b> |
|--------------------|---------------------------------|
| 1                  | 23,74                           |
| 2                  | 23,30                           |
| 3                  | 23,57                           |

*Nota.* Porcentaje de contenidos de humedad promedio igual a 23.54%. Elaborado por:  
El autor.

Por otro lado, se muestran tablas que aclaran estos resultados, en los anexos correspondientes a este capítulo.

#### **4.6.2.2. Granulometría**

Este ensayo se lo realiza aplicando la normativa A.S.T.M. D 422, el análisis granulométrico se lo realiza empleando mallas normalizadas (tamices), las cuales están acomodados en orden decreciente y poseen una abertura estándar. Con este ensayo obtenemos una distribución de las partículas por tamaños con diámetros que superan los 0.075mm, es decir desde las partículas retenidas en el tamiz N° 200.

Para el presente proyecto se utilizaron tamices con una abertura de malla de 3", 2 ½", 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°200, para las partículas que pasaron el tamiz N°4, se tomó una muestra representativa del material, se lo lavo y seco para posterior realizar el tamizaje, ya en trabajos de gabinete se efectuó el respectivo cálculo para tener los porcentajes de la granulometría integral de esta muestra representativa pasante del tamiz N°4.

Los pesos parciales retenidos en cada tamiz son llevados a porcentajes retenidos y pasantes acumulados que servirán para determinar la cantidad o porcentaje de grava, arena y finos que posee la muestra de suelo ensayada, además de obtener gráficamente la curva granulométrica. Los resultados resumidos de este ensayo se muestran a continuación:

**Tabla 43**

*Resultados Resumidos de la Distribución Granulométrica*

| <b>Calicata N°</b> | <b>Grava (%)</b> | <b>Arena (%)</b> | <b>Limo/Arcilla (%)</b> |
|--------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 1                  | 27               | 49,81            | 23,19                   |
| 2                  | 1,33             | 50,75            | 47,92                   |
| 3                  | 2,41             | 44,12            | 53,47                   |

*Nota.* Distintos porcentajes de grava, arena, y limo/arcilla. Elaborado por: El autor.

Por otra parte, se añaden tablas que explican estos resultados, en los anexos correspondientes a este capítulo.

#### **4.6.2.3. Límites de consistencia**

Llamado también como límites de Atterberg, se basan en los suelos finos encontrados en la naturaleza en diferentes estados según el contenido de agua. Por lo tanto, se tiene el límite líquido, límite plástico y límite de contracción, los más usados en la ingeniería actual.

#### 4.6.2.3.1. Límite líquido (LL, WL)

“El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite definido arbitrariamente entre los estados semilíquido y plástico.”(ASTM D 4318, 2016, pág. 5).

#### 4.6.2.3.2. Límite Plástico (PL, WP)

“El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite entre los estados plástico y semisólido.”(ASTM D 4318, 2016, pág. 5).

Para el presente proyecto se obtuvieron los siguientes resultados respecto a los límites de consistencia.

**Tabla 44**

*Resultados de los Límites de Atterberg*

| Calicata N° | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
|-------------|--------|--------|--------|
| 1           | 35,50  | 27,30  | 8,20   |
| 2           | 27,66  | 23,06  | 4,60   |
| 3           | 34,24  | 24,76  | 9,48   |

*Nota.* Porcentajes de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Elaborado por: El autor.

Además, se muestran tablas y graficas detalladas para esclarecer estos resultados, en los anexos correspondientes a este capítulo.

#### 4.6.2.4. Clasificación de suelos SUCS

Esta clasificación es denominada por sus siglas como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, propuesto por Casagrande en 1942 y descrito por la normativa ASTM D 2487, manifestando que se tiene una clasificación con mayor precisión al clasificar suelos minerales y orgánicos de acuerdo a las características de la granulometría, límite líquido, e índice de plasticidad.

Este método clasifica a los suelos en 15 grupos, cada uno de ellos con su respectivo nombre y símbolo. Al ser los suelos compuestos por grava y arena con un porcentaje

que pasa el tamiz número 200 menor al 50%, su prefijo es “G” o “SG” que indica ser un suelo gravoso o suelo arenoso. Por otro lado, los suelos de grano fino que pasa el tamiz número 200 con un porcentaje mayor al 50%, tiene un prefijo “M”, que significa limo inorgánico, mientras que el prefijo “C” significa arcilla inorgánica, y para identificar a limos orgánicos se lo representa con la letra “O”. En cuanto a suelos altamente orgánicos, su prefijo es Pt, en esta clasificación se la puede identificar como turba.

Como referencia bibliográfica para la clasificación por este método se recomienda usar el libro: “Fundamentos de ingeniería de cimentaciones”, del autor Braja M. Das, séptima edición, editorial CENGAGE Learning, páginas 21 a 24.

Posterior al análisis de este método de clasificación, para el presente estudio se determinó los siguientes resultados que describen el suelo de la subrasante, apreciándose a continuación:

**Tabla 45**

*Resultados de Clasificación de Suelos SUCS*

| <b>Calicata N°</b> | <b>Clasificación</b> | <b>Descripción</b>  |
|--------------------|----------------------|---|
| 1                  | SM                   | Arena Limosa, con 27 % de grava, de baja plasticidad, de color café oscuro, húmedo.     |
| 2                  | SM                   | Arena Limosa, con 1,33% de grava, color café oscuro, de ligera plasticidad, muy húmedo. |
| 3                  | ML                   | Limo Arenoso, con 2.41 % de grava, de baja plasticidad, de color café oscuro, húmedo.   |

**Nota.** Principalmente existen suelos clasificados como arena limosa. Elaborado por: El autor.

#### 4.6.2.5. Clasificación de suelos AASHTO

De acuerdo a la normativa ASTM D 3282, a partir de la granulometría, el límite líquido e índice de plasticidad, los suelos se clasifican en ocho principales grupos que van desde el A-1 hasta el A-8. Es utilizada para suelos y agregados con el propósito para la construcción de carreteras.

Explicando mejor la clasificación que presenta este método, divide a los materiales de grano grueso en los grupos A-1, A-2 y A-3, a los materiales de grano fino en A-4, A-5, A-6, A-7, y en el grupo A-8 se encuentran suelos altamente orgánicos como el fango y la turba. Como complemento para esta clasificación se añade el índice de grupo, el mismo que: “En el sistema de la AASHTO, la calidad del desempeño de un suelo como un material de subrasante es inversamente proporcional al índice de grupo (GI).” (Das, 2001, pág. 89).

Como referencia bibliográfica para la clasificación por este método se recomienda usar el libro: “Fundamentos de ingeniería de cimentaciones”, del autor Braja M. Das, séptima edición, editorial CENGAGE Learning, páginas 18 y 19.

Del estudio realizado para el presente proyecto se obtuvo que la subrasante está clasificada de la siguiente manera:

**Tabla 46**

*Resultados de Clasificación de Suelos AASHTO*

| Calicata N° | Clasificación | Índice de Grupo | Descripción                   |
|-------------|---------------|-----------------|-------------------------------|
| 1           | A - 2 - 4     | (0)             | Grava y arena limosa          |
| 2           | A - 4         | (3)             | Principalmente suelos limosos |
| 3           | A - 4         | (4)             | Principalmente suelos limosos |

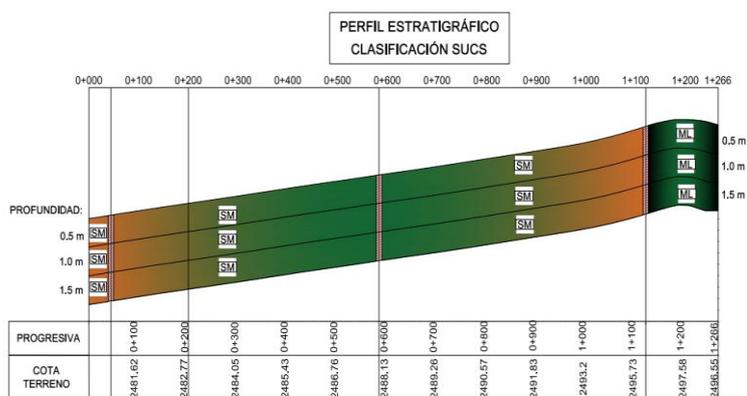
**Nota.** Principalmente el suelo en estudio se clasificó como suelos limosos. Elaborado por: El autor.

#### 4.6.2.6. Perfil estratigráfico

De acuerdo a la clasificación del suelo para la subrasante tanto por el método SUCS y AASHTO, realizadas en diferentes sondeos y profundidades, los detalles se encuentran explicados en el apartado 4.6.1. A continuación, se presenta los perfiles estratigráficos correspondientes.

**Figura 21**

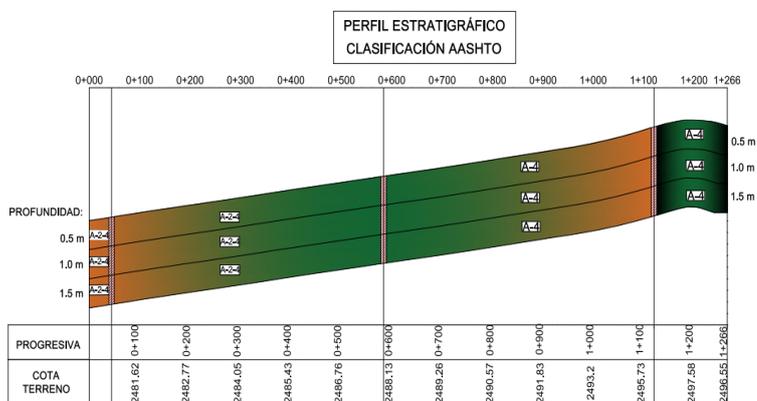
*Perfil Estratigráfico – Clasificación SUCS*



**Nota.** Tipo de suelo a distintas profundidades. Elaborado por: El autor, a través del programa Civil-3D.

**Figura 22**

*Perfil Estratigráfico – Clasificación AASHTO*



**Nota.** Tipo de suelo a distintas profundidades. Elaborado por: El autor, a través del programa Civil-3D.

#### 4.6.2.7. Nivel freático

Es el nivel que se encuentra por debajo del nivel del terreno donde el suelo y rocas están saturadas, esta profundidad varía en función de las precipitaciones o extracciones para el consumo o riego. Para el presente estudio no se encontró nivel freático en ninguna de las 3 muestras extraídas.

#### 4.6.2.8. Proctor modificado

Este ensayo se basa en la norma ASTM D1557, se utiliza un molde con un volumen de 943,3 cm<sup>3</sup> para compactar el suelo, este molde se une a un collarín en la parte superior y a una placa en la parte inferior que sirve de base.

Se compacta el suelo, mezclado con distintas cantidades de agua, “el suelo es compactado en cinco capas por un martillo que pesa 44.5 N (masa 4.536 kg) y tiene una caída de 457.2 mm. El número de golpes de martillo para cada capa se mantiene en 25, como en el caso de la prueba Proctor estándar.” (Das, 2001, pág. 98).

Este ensayo es importante porque determinamos la densidad máxima seca y la óptima humedad de acuerdo a la curva de compactación, parámetros esenciales para establecer los resultados CBR. Para el presente estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 47**

*Resultados del Ensayo Proctor Modificado*

| Calicata N° | Densidad Máxima Seca (kg/m <sup>3</sup> ) | Óptima Humedad (%) |
|-------------|---|--------------------|
| 1           | 1725                                      | 15.4               |
| 2           | 1652                                      | 18.1               |
| 3           | 1715                                      | 16.5               |

*Nota.* Densidad máxima seca con su respectivo contenido de humedad óptima.

Elaborado por: El autor.

Por otra parte, se añaden tablas y graficas que explican estos resultados, en los anexos correspondientes a este capítulo.

#### 4.6.2.9. CBR

Es un método empírico que determina la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, dato esencial para el diseño de pavimentos flexibles. El ensayo para establecer el CBR se lo debe realizar considerando la normativa ASTM 1883.

El CBR se lo realiza para diferentes condiciones de humedad y densidad, obtenido a partir de una gráfica en la cual en el eje de las ordenadas muestra la densidad seca después del remojo en kg/m<sup>3</sup> y en el eje de las abscisas valor del CBR determinado a 0.1”.

Para el presente estudio se obtuvieron valores CBR al 100% y 95% de la densidad máxima seca de acuerdo al ensayo de compactación proctor modificado.

En la presente tabla se encuentran los resultados obtenidos del ensayo CBR.

**Tabla 48**

*Resultados del Ensayo CBR*

| Calicata<br>N° | Densidad<br>Máxima<br>Seca<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Valor CBR Saturado<br>al 100% de la Máxima<br>Densidad Seca<br>(%) | Valor CBR Saturado<br>al 95% de la Máxima<br>Densidad Seca<br>(%) |
|----------------|--|--|---|
| 1              | 1725   | 47.0   | 41.7  |
| 2              | 1652   | 35.9   | 25.7  |
| 3              | 1715   | 25.3   | 17.5  |

*Nota.* Valores CBR adoptados son al 95% de la máxima densidad seca. Elaborado por:  
El autor.

Por otro lado, se muestran tablas y graficas que aclaran estos resultados, en los anexos correspondientes a este capítulo.

A continuación, se presenta por medio de una tabla la clasificación del suelo en función del CBR.

**Tabla 49***Clasificación de Suelos de Acuerdo al Valor del CBR*

| <b>CBR</b> | <b>Clasificación</b>       |
|------------|----------------------------|
| 0 - 5      | Subrasante muy mala        |
| 5 - 10     | Subrasante mala            |
| 10 - 20    | Subrasante regular a buena |
| 20 - 30    | Subrasante muy buena       |
| 30 - 50    | Sub-base buena             |
| 50 - 80    | Base buena                 |
| 80 - 100   | Base muy buena             |

*Nota.* Valores de CBR de 0 a 100 con su respectiva clasificación de subrasante, sub-base y base. Fuente: (Crespo Villalaz, 2004, pág. 113).

Con relación a la tabla mostrada, de acuerdo a los valores CBR saturados al 95% de la máxima densidad seca, se establece que la subrasante ensayada resulto estar clasificada de la siguiente manera:

**Tabla 50***Clasificación de las Muestras Ensayadas de Acuerdo al Valor del CBR*

| <b>Calicata N°</b> | <b>Valor CBR Saturado al 95% de la Máxima Densidad Seca (%)</b> | <b>Clasificación</b>       |
|--------------------|---|----------------------------|
| 1                  | 41.7  | Sub-base buena             |
| 2                  | 25.7  | Subrasante muy buena       |
| 3                  | 17.5  | Subrasante regular a buena |

*Nota.* Presenta tres tipos de clasificaciones. Elaborado por: El autor.

Para el diseño se tomó el valor CBR por medio del método del percentil 85%.

**Tabla 51***CBR de Diseño*

| <b>Calicata N°</b> | <b>Abscisa</b> | <b>Ordinal</b> | <b>CBR (%)</b> | <b>% Acumulado</b> |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
| 1                  | 0+045          | 1              | 41.7           | 33.3               |
| 2                  | 0+585          | 2              | 25.7           | 66.7               |
| 3                  | 1+120          | 3              | 17.5           | 100.0              |

*Nota.* Los valores CBR con su respectivo % acumulado. Elaborado por: El autor.

Por lo tanto, de acuerdo a la tabla se tiene un rango inferior y superior al 85%, de modo que determinamos el valor CBR de diseño de la siguiente manera:

$$CBR \text{ al } 85\% = C1 + \frac{85 - A1}{100 - A1} \times (C2 - C1)$$

Donde:

C1: Valor CBR de acuerdo al porcentaje acumulado inferior respecto al 85%

C2: Valor CBR de acuerdo al porcentaje acumulado superior respecto al 85%

A1: Porcentaje acumulado inferior respecto al 85%

$$CBR \text{ al } 85\% = 25.7 + \frac{85 - 66.7}{100 - 66.7} \times (17.5 - 25.7)$$

$$CBR \text{ al } 85\% = 21.2$$

#### **4.7. Identificación de los materiales que intervienen diseño estructural del pavimento flexible por el método AASHTO 93**

La estructura del pavimento se la puede definir de la siguiente manera: “Combinación de capas de SUBBASE, BASE y de SUPERFICIE o RODADURA colocadas sobre una SUBRASANTE, para soportar las cargas del tránsito y distribuir los esfuerzos en la PLATAFORMA.”(NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 48).

El objetivo es determinar los espesores de las capas que conforman la estructura del pavimento flexible, las mismas que distribuirán y transmitirán las cargas vehiculares hacia la subrasante de la vía. Por otra parte, el diseño debe tener un eficiente drenaje, ser resistente y económico, esto aportará con seguridad y calidad a los beneficiarios.

##### **4.7.1. Subrasante**

Ya definida a la subrasante en el apartado 4.6, se concluye que al tener una subrasante clasificada como muy buena por contar con un valor de CBR de diseño de 21.2%, se recomienda que en campo se escarifique el suelo con la motoniveladora, posterior mezclar e hidratar a la humedad óptima o cercana a ella, subsiguiente

compactar para alcanzar el 95% de la máxima densidad obtenida en el laboratorio, asimismo, tener en cuenta la pendiente de bombeo.

Por otro lado, de acuerdo a correlaciones, se presentan ecuaciones por parte de la normativa AASHTO 93, que servirán para establecer el módulo resiliente ( $M_r$ ), como se indica a continuación:

- $M_r = 1500 * CBR$  ( $psi$ ) ( $CBR < 7$ ) (Ec. a)
- $M_r = 3000 * CBR^{0.65}$  ( $psi$ ) ( $7 < CBR \leq 20$ ) (Ec. b)
- $M_r = 4326 * \ln(CBR) + 241$  ( $psi$ ) ( $CBR > 20$ ) (Ec. c)

Se elige la ecuación b, al tener un CBR de diseño de 21.2%, obteniendo como resultado un módulo resiliente de 13452.61 psi.

#### 4.7.2. Sub-base

Definido como “Capas, de espesor definido, de materiales que cumplen determinadas especificaciones, las cuales se colocan sobre una subrasante aprobada, para soportar la Capa de Base.” (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 57).

De acuerdo a la normativa NEVI-12-MTOP, las especificaciones técnicas que deben cumplir los materiales que componen la sub-base son:

- ✓ Coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles.
- ✓ Índice de plasticidad menor al 6%.
- ✓ Líquido máximo de 25%.
- ✓ CBR igual o mayor del 30%.

La sub-base se clasifica en tres clases de acuerdo a la granulometría.

##### 4.7.2.1. Sub-base clase 1

“La sub-base Clase 1 está formada por áridos gruesos provenientes de la trituración de grava o roca, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada” (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 945).

#### 4.7.2.2. Sub-base clase 2

“La sub-base Clase 2 está formada por áridos gruesos, obtenidos mediante trituración o cribado de gravas o yacimientos cuyas partículas estén fragmentadas naturalmente, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada” (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 945).

#### 4.7.2.3. Sub-base clase 3

“La sub-base Clase 3 está formada por áridos gruesos, obtenidos mediante cribado de gravas o roca mezcladas con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada. Este material debe cumplir con los requisitos comunes establecidos en la subsección 816-2.” (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 945).

En la siguiente tabla se indican los límites que debe cumplir la granulometría para cada clase de sub-base, de acuerdo a la normativa NEVI-12-MTOP.

**Tabla 52**

*Porcentaje en Peso que Pasa A través de los Tamices de Malla Cuadrada que Debe Cumplir la Sub-base*

| 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.** Clases de Sub-base de acuerdo a distintos porcentajes de material pasante en tamices. Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 945).

### **4.7.3. Base**

Se lo puede definir como “Capa (o capas), de espesor definido, de materiales sujetos a determinadas especificaciones, colocada sobre la sub-base o la subrasante para soportar las capas de Superficie o Rodadura.” (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 39).

De acuerdo a la normativa NEVI-12-MTOP, las especificaciones técnicas que deben cumplir los materiales que componen la base son:

- ✓ Coeficiente de desgaste máximo de 40%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles.
- ✓ Índice de plasticidad menor al 6%.
- ✓ Líquido máximo de 25%.
- ✓ CBR igual o mayor del 80%.

La base se clasifica en cuatro clases de acuerdo a la granulometría de sus agregados, de la siguiente manera:

#### **4.7.3.1. Base clase 1**

“Son bases constituidas por agregados gruesos y finos, triturados en un 100% de acuerdo con lo establecido en el numeral 814-2 y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados para los Tipos A y B.” (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 372).

El numeral 814-2 menciona que: “Los agregados empleados en la construcción de capas de Base Clase 1 deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría” (Mop-001-F, 2002, VIII-94). En la siguiente tabla se indican los límites que debe cumplir la granulometría para esta clase de base.

**Tabla 53***Porcentaje en Peso que Pasa los Tamices de Malla Cuadrada para Base Clase 1*

| TAMIZ              | BASE CLASE 1 TIPO<br>A |      | BASE CLASE 1 TIPO<br>B |      |
|--------------------|------------------------|------|------------------------|------|
|                    | Mín.                   | Máx. | Mín.                   | Máx. |
| 2" (50 mm.)        | --                     | 100  | --                     | 100  |
| 1 1/2 (37.5 mm.)   | 70                     | 100  | 70                     | 100  |
| 1" (25mm.)         | 55                     | 85   | 60                     | 90   |
| 3/4" (19 mm.)      | 50                     | 80   | 45                     | 75   |
| 3/8" (9.5 mm.)     | 35                     | 60   | 30                     | 60   |
| Nº 4 (4.75 mm.)    | 25                     | 50   | 20                     | 50   |
| Nº 10 (2 mm.)      | 20                     | 40   | 10                     | 25   |
| Nº 40 (0.425 mm.)  | 10                     | 25   | 2                      | 12   |
| Nº 200 (0.075 mm.) | 2                      | 12   | --                     | --   |

**Nota.** Clases de Base de acuerdo a distintos porcentajes de material pasante en tamices.

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 373).

#### 4.7.3.2. Base clase 2

“Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso”(NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 373). A continuación, se presenta una tabla donde se indican los límites que debe cumplir la granulometría para esta clase de base.

**Tabla 54***Porcentaje en Peso que Pasa a Través de los Tamices para Base Clase 2*

| TAMIZ              | BASE CLASE 2 |      |
|--------------------|--------------|------|
|                    | Mín.         | Máx. |
| 2" (50 mm.)        | --           | 100  |
| 1 1/2 (37.5 mm.)   | 70           | 100  |
| 1" (25mm.)         | 55           | 85   |
| 3/4" (19 mm.)      | 47           | 75   |
| 3/8" (9.5 mm.)     | 35           | 65   |
| Nº 4 (4.75 mm.)    | 25           | 55   |
| Nº 10 (2 mm.)      | 15           | 45   |
| Nº 40 (0.425 mm.)  | 5            | 25   |
| Nº 200 (0.075 mm.) | 0            | 10   |

**Nota.** Base clase 2 con porcentajes máximos y mínimos de material pasante en tamices.

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 374).

#### 4.7.3.3. Base clase 3

“Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso” (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 373). A continuación, se presenta una tabla donde se indican los límites que debe cumplir la granulometría para esta clase de base.

**Tabla 55**

*Porcentaje en Peso que Pasa A través de los Tamices de Malla Cuadrada para Base Clase 3*

| TAMIZ              | BASE CLASE 3 |      |
|--------------------|--------------|------|
|                    | Mín.         | Máx. |
| 2" (50 mm.)        | --           | 100  |
| 1" (25 mm.)        | 70           | 100  |
| 3/4" (19 mm.)      | 60           | 90   |
| 3/8" (9.5 mm.)     | 40           | 75   |
| Nº 4 (4.75 mm.)    | 30           | 60   |
| Nº 10 (2 mm.)      | 15           | 45   |
| Nº 40 (0.425 mm.)  | 10           | 30   |
| Nº 200 (0.075 mm.) | 0            | 15   |

**Nota.** Base clase 3 con porcentajes máximos y mínimos de material pasante en tamices.

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 374).

#### 4.7.3.4. Base clase 4

“Son bases constituidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas” (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 373). A continuación, se presenta una tabla donde se indican los límites que debe cumplir la granulometría para esta clase de base.

**Tabla 56**

*Porcentaje en Peso que Pasa A través de los Tamices de Malla Cuadrada para Base Clase 4*

| TAMIZ              | BASE CLASE 4 |      |
|--------------------|--------------|------|
|                    | Mín.         | Máx. |
| 2" (50 mm.)        | --           | 100  |
| 1" (25 mm.)        | 60           | 90   |
| Nº 4 (4.75 mm.)    | 20           | 50   |
| Nº 200 (0.075 mm.) | 0            | 15   |

**Nota.** Base clase 4 con porcentajes máximos y mínimos de material pasante en tamices.

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 374).

#### **4.7.4. Carpeta asfáltica**

Este trabajo consistirá en la colocación de una capa asfáltica bituminosa fabricada en caliente, y construida sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con la presente especificación. (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 418).

#### **4.8. Fuentes de material pétreo**

Para este estudio se optó por recomendar tres alternativas que cumplen con los requerimientos para abastecer de material en la ejecución de este proyecto, además de la cercanía a la que se encuentran, por otro lado, cumple con las especificaciones técnicas mencionadas en el apartado 4.7.2 y 4.7.3, las canteras recomendadas son:

- Cantera Construarenas.
- Cantera Bonilla.
- Cantera La Laguna.

Los ensayos de materiales fueron realizados por la empresa Geosoil Cía. Ltda., en abril de 2014, para determinar las propiedades físicas, además de los parámetros que evalúan la calidad de los materiales de acuerdo a la normativa NEVI-12-MTOP.

#### 4.8.1. Localización de las canteras

A continuación, se presenta la ubicación y distancia a la que se encuentran las tres canteras recomendadas con respecto al proyecto.

**Tabla 57**

*Ubicación de las Canteras Recomendadas para el Proyecto*

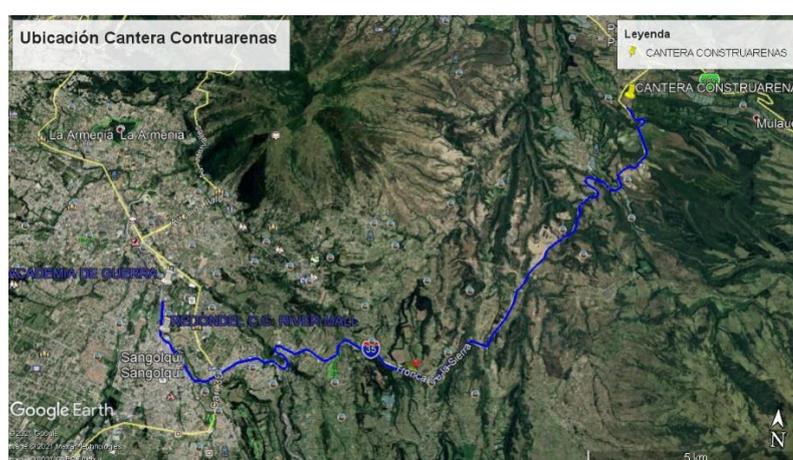
| Nombre de las Canteras | Ubicación  | Distancia (km) |
|------------------------|--|----------------|
| Construarenas          | Provincia de Pichincha, cantón Pifo, al Sur – Este de la ciudad de Quito, sector Palugo, en el km 2 en sentido Pifo-Pintag de la vía E-35. | 24.10          |
| Bonilla                | Sector de El Volcán, en la margen izquierda de la Vía Pintag – Antisana, provincia de Pichincha.   | 25.70          |
| La Laguna              | En la margen izquierda, vía Pintag – Antisana, Sector El Volcán, provincia de Pichincha.   | 28.80          |

**Nota.** Canteras ubicadas en Pintag y Pifo. Elaborado por: El autor.

Para este estudio se presenta la evaluación de los materiales de base y sub-base de la cantera Construarenas, la cual es más cercana al proyecto, además de contar con el abastecimiento de materiales y disponer con los permisos de funcionamiento.

**Figura 23**

*Ubicación de la Cantera Construarenas Respecto al Proyecto*



**Nota.** Trayectoria de cantera al proyecto. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth 2020.

La cantera escogida posee una extensión aproximada de 36 hectáreas, se encuentra a una altura en torno a los 2830 msnm, situada en 796579.58 m E; 9971925.92 m S.

#### 4.8.2. Clasificación de los materiales de la mina

Conforme con lo mencionado en la normativa NEVI-12-MTOP, se dara a conocer los resultados de los ensayos, los mismos que deben cumplir los parametros mencionados en el apartados 4.7.2 y 4.7.3 del presente capitulo.

**Tabla 58**

*Coeficiente de Desgaste de la Sub-base, de Acuerdo al Ensayo de Abrasión*

|                |  | <b>Ensayo 1</b> | <b>Ensayo 2</b> |
|----------------|--|-----------------|-----------------|
|                | Método   | A               | A               |
|                | Número de esferas  | 12              | 12              |
| A              | Peso del material antes del ensayo (g).                        | 5018            | 5012            |
| B              | Peso retenido del tamiz N° 12 después de 500 revoluciones (g). | 3470            | 3389            |
| C = A - B      | Peso pasa tamiz N° 12 después de 500 revoluciones (g).         | 1548            | 1623            |
| D =<br>C/A*100 | Desgaste (%).  | 31              | 32              |
| Promedio (%).  |  | <b>32</b>       |                 |

*Nota.* Coeficiente de desgaste promedio para sub-base igual a 32. Elaborado por: El autor, mediante resultados de los ensayos realizados en la empresa Geosoil Cía. Ltda.

**Tabla 59**

*Coeficiente de Desgaste de la Base, de Acuerdo al Ensayo de Abrasión*

|                |  | <b>Ensayo 1</b> | <b>Ensayo 2</b> |
|----------------|--|-----------------|-----------------|
|                | Método   | A               | A               |
|                | Número de esferas  | 12              | 12              |
| A              | Peso del material antes del ensayo (g).                        | 5008            | 5004            |
| B              | Peso retenido del tamiz N° 12 después de 500 revoluciones (g). | 3570            | 3520            |
| C = A - B      | Peso pasa tamiz N° 12 después de 500 revoluciones (g).         | 1438            | 1484            |
| D =<br>C/A*100 | Desgaste (%).  | 29              | 30              |
| Promedio (%).  |  | <b>29</b>       |                 |

*Nota.* Coeficiente de desgaste promedio para base igual a 29. Elaborado por: El autor, mediante resultados de los ensayos realizados en la empresa Geosoil Cía. Ltda.

El índice de plasticidad y limite líquido, resultado No Plástico, tanto para la Base como para la Sub-base, luego de efectuar el ensayo de los límites de Atterberg.

En cuanto a los valores del CBR se tiene lo siguiente:

**Tabla 60**

*Valores de CBR para Base y Sub-base*

|                                | <b>Valor CBR de la Sub-base (%)</b> | <b>Valor CBR de la Base (%)</b> |
|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Al 100% de la máxima densidad. | 75.9                                | 92                              |
| Al 95% de la máxima densidad.  | 68.5                                | 71                              |

**Nota.** Valores CBR al 95 y 100% de la máxima densidad seca. Elaborado por: El autor, mediante resultados de los ensayos realizados en la empresa Geosoil Cía. Ltda.

Se aprecia que estos materiales de Base y Sub-base cumplen con las especificaciones estipuladas por la normativa NEVI-12-MTOP. Los límites granulométricos que cumplen los materiales de Base y Sub-base, se muestran las siguientes tablas y gráficas.

**Tabla 61**

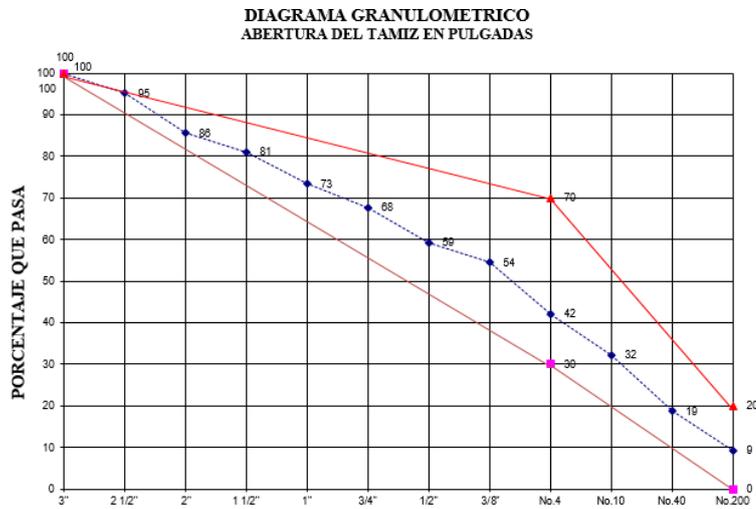
*Especificación para Sub-base Clase 3.*

| <b>Tamiz</b> | <b>(%) Pasa</b> | <b>Mín. (%)</b> | <b>Máx. (%)</b> |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 3"           | 100             | 100             | 100             |
| 2 1/2"       | 95              |                 |                 |
| 2"           | 86              |                 |                 |
| 1 1/2"       | 81              |                 |                 |
| 1"           | 73              |                 |                 |
| 3/4"         | 68              |                 |                 |
| 1/2"         | 59              |                 |                 |
| 3/8"         | 54              |                 |                 |
| No.4         | 42              | 30              | 70              |
| No.10        | 32              |                 |                 |
| No.40        | 19              |                 |                 |
| No.200       | 9               | 0               | 20              |

**Nota.** Sub-base clase 3 con porcentajes máximos y mínimos. Elaborado por: El autor, mediante resultados de los ensayos realizados en la empresa Geosoil Cía. Ltda.

**Figura 24**

*Diagrama Granulométrico Respecto a la Especificación Para Sub-Base Clase 3*



**Nota.** De acuerdo al diagrama cumple como Sub-base clase 3. Fuente: Resultados de los ensayos realizados en la empresa Geosoil Cía. Ltda.

**Tabla 62**

*Especificación para Base Clase 3, de Acuerdo a la Tabla 404-1.4 de la Normativa*

*NEVI-12-MTOP*

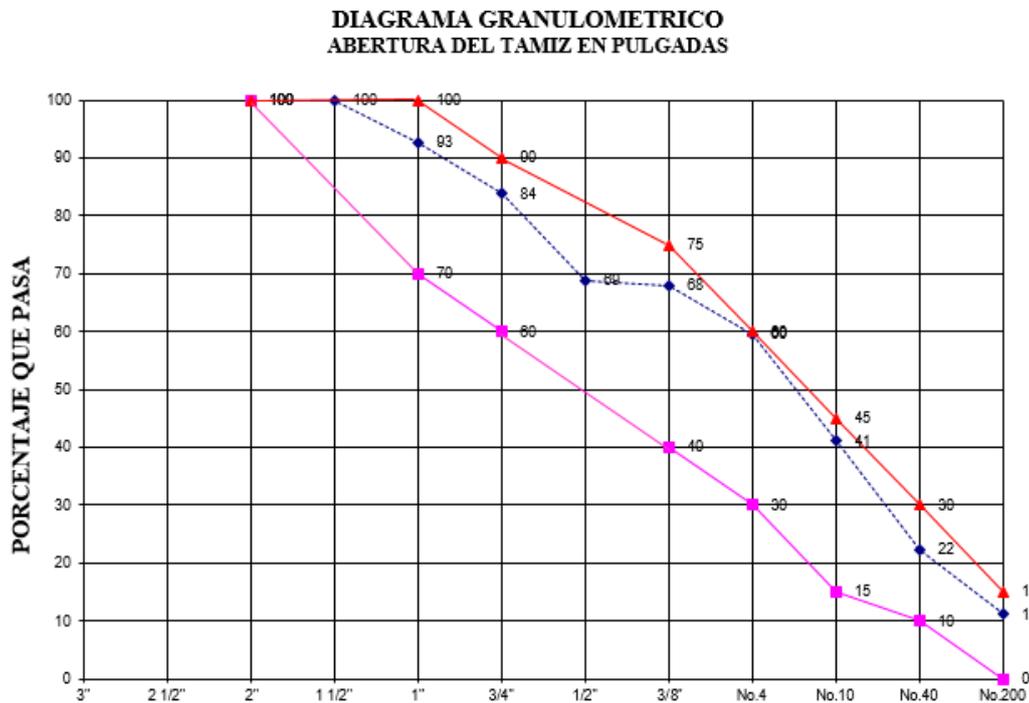
| Tamiz  | (%) Pasa | Mín. (%) | Máx. (%) |
|--------|----------|----------|----------|
| 2"     | 100      | 100      | 100      |
| 1 1/2" | 100      |          |          |
| 1"     | 93       | 70       | 100      |
| 3/4"   | 84       | 60       | 90       |
| 1/2"   | 69       |          |          |
| 3/8"   | 68       | 40       | 75       |
| No.4   | 60       | 30       | 70       |
| No.10  | 41       | 15       | 45       |
| No.40  | 22       | 10       | 30       |
| No.200 | 11       | 0        | 15       |

**Nota.** Base clase 3 con porcentajes máximos y mínimos de material pasante en tamices.

Elaborado por: El autor, mediante resultados de los ensayos realizados en la empresa Geosoil Cía. Ltda.

**Figura 25**

*Diagrama Granulométrico Respecto a la Especificación Para Base Clase 3*



*Nota.* De acuerdo al diagrama cumple como Base clase 3. Fuente: Resultados de los ensayos realizados en la empresa Geosoil Cía. Ltda.

Por consiguiente, los materiales de la Cantera Contruarenas cumple con las especificaciones para Base y Sub-base clase 3.

Se recomienda que durante el proceso de construcción es necesario realizar los ensayos de control para verificar la uniformidad y la calidad de los materiales de Sub-base y Base investigados.

Por otro lado, se muestran tablas y graficas en los anexos correspondientes a este capítulo, respecto a los ensayos realizados por parte de la empresa Geosoil Cía. Ltda., que aclaran estos resultados.

## CAPÍTULO V

### 5. DISEÑO DE PAVIMENTO

#### 5.1. Generalidades

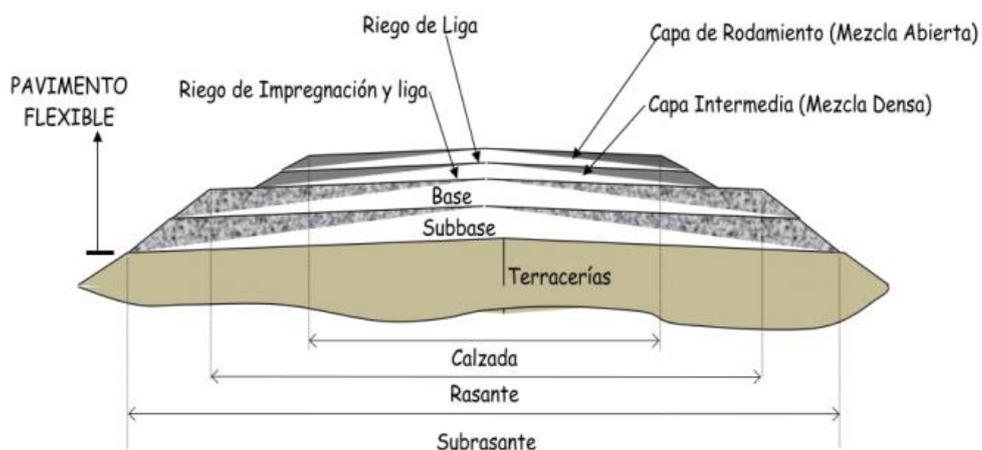
El diseño de pavimento tiene como finalidad establecer los espesores óptimos de las capas que conforman la estructura vial, las cuales distribuyen y transmiten las cargas vehiculares hacia la subrasante de la vía, además de soportar las condiciones climatológicas y dichas cargas durante el periodo de diseño.

Por otro lado, el diseño debe tener un eficiente drenaje, ser resistente y económico, esto aportará con seguridad y calidad a los beneficiarios.

De acuerdo a normativas los pavimentos se clasifican en flexibles y rígidos, aunque existen también pavimentos semirrígidos o combinados. El diseño se realizará para pavimento flexible por el método AASHTO 93 de acuerdo a lo indicado por la Dirección de Obras Públicas del cantón Rumiñahui. A continuación, se presenta un esquema de pavimento flexible.

**Figura 26**

*Esquema de Pavimento Flexible*



**Nota.** Se presenta distintos espesores que componen la estructura de pavimento flexible. Fuente: Diseño de pavimentos flexibles (Yáñez, 2010).

Para el diseño a ejecutar, se tiene como objetivo determinar el número estructural “SN”, calculado por medio de la siguiente ecuación:

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

Donde:

SN: Número estructural (pulg).

Wt18 = Número de repeticiones de cargas equivalentes de 18 kips. (8.2 Ton) acumuladas en el periodo de diseño.

Zr: Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad (R) en la curva de distribución normalizada.

So: Desviación Estándar de todas las variables

ΔPSI: Perdida de Serviciabilidad, diferencia entre el índice de servicio inicial (Po) y el índice de servicio final (Pt).

Mr: Módulo resiliente de la subrasante (PSI).

## 5.2. Estado actual de la estructura de pavimento

La avenida General Enríquez tiene una estructura de pavimento creada hace más de 40 años, razón por la cual se aprecia que en la actualidad el diseño estructural ya es obsoleto por el alto crecimiento vehicular.

Se realizó tres puntos de excavación manual en el sentido Norte - Sur para conocer los espesores de la estructura de pavimento flexible actual, a continuación, se indica la localización de dichos puntos gráficamente y en coordenadas UTM.

## Figura 27

*Ubicación de Puntos Donde se Efectuó la Excavación Manual Para Conocer el Estado Actual de la Estructura del Pavimento Flexible*



*Nota.* Puntos de excavación manual ubicados entre en C.C River Mall y Academia de Guerra. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth Pro, 2020.

## Tabla 63

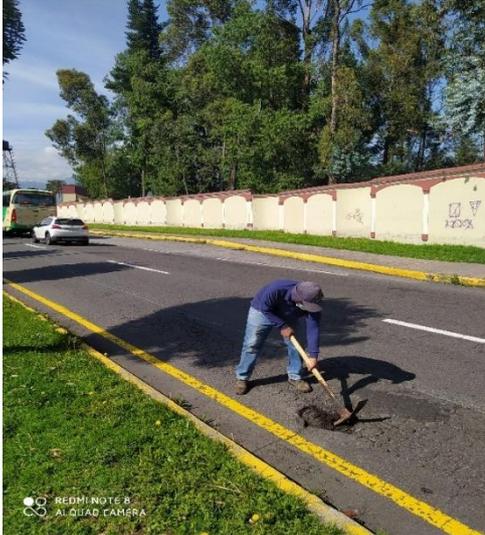
*Coordenadas de Ubicación de la Excavación Manual para Conocer el Estado Actual de la Estructura del Pavimento.*

|                  |              |                      |                |  |
|------------------|--------------|----------------------|----------------|--|
|                  | Provincia:   | Pichincha            |                |  |
| <b>Localidad</b> | Ciudad:      | Sangolquí            |                |  |
|                  | Sector:      | Av. General Enríquez |                |  |
| <b>Punto N°</b>  | <b>Norte</b> | <b>Este</b>          | <b>Altitud</b> |  |
| 1                | 9964618.2    | 783800.788           | 2490.513       |  |
| 2                | 9964853.82   | 783775.675           | 2487.564       |  |
| 3                | 9965028.82   | 783761.328           | 2485.298       |  |

*Nota.* Coordenadas Norte, Este y altitud de las tres excavaciones manuales. Elaborado por: El autor.

**Figura 28**

*Fotografía de Excavación Manual Para Conocer el Estado Actual de la Estructura del Pavimento del Punto N°1*



*Nota.* Excavación realizada con el personal del municipio. Elaborado por: El autor.

**Figura 29**

*Fotografía de Excavación Manual Para Conocer el Estado Actual de la Estructura del Pavimento del Punto N°2*



*Nota.* Excavación realizada con el personal del municipio. Elaborado por: El autor.

### Figura 30

*Fotografía de Excavación Manual Para Conocer el Estado Actual de la Estructura del Pavimento del Punto N°3*



**Nota.** Excavación realizada con el personal del municipio. Elaborado por: El autor.

Los resultados de los espesores obtenidos en campo se aprecian en la siguiente tabla:

**Tabla 64**

*Resultados Obtenidos de la Estructura Actual del Pavimento Flexible*

| <b>Resultados</b> |                                   |                      |                           |                       |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------|
| Puntos            | Espesor Carpeta<br>Asfáltica (cm) | Espesor Base<br>(cm) | Espesor Sub-<br>base (cm) | Espesor Total<br>(cm) |
| 1                 | 12                                | 0                    | 25                        | 37                    |
| 2                 | 13                                | 0                    | 31                        | 44                    |
| 3                 | 11                                | 0                    | 35                        | 46                    |

**Nota.** Espesores para cada tipo de material encontrado. Elaborado por: El autor.

En el trabajo realizado en campo para conocer los espesores actuales, se evidencio que el estado de la carpeta asfáltica se encuentra totalmente deteriorada, además no presenta capa de base, solo existe una única capa de Sub-base que varía entre 37 y 46 cm.

### **5.3. Variables de diseño para pavimento flexible por el método AASHTO 93**

#### **5.3.1. *Periodo de vida***

Es el tiempo que existe entre la condición inicial de la estructura del pavimento hasta el instante en que ésta necesita de rehabilitación, o el tiempo que existe entre periodos de rehabilitación consecutivos.(Yáñez, 2010).

También se puede definir como el tiempo entre la serviciabilidad inicial ( $P_o$ ) (entre 4.2 y 4.5) y la serviciabilidad final ( $P_t$ ). (Yáñez, 2010, pág. 36).

#### **5.3.2. *Periodo de diseño***

Es el tiempo que se tiene como estrategia de diseño del pavimento, el cual puede ser igual al período de vida ya definido. (Yáñez, 2010, pág 38).

Este período puede ser en muchas ocasiones mayor al período de vida ya que existen variables en los procesos de selección de materiales, los procedimientos de construcción o condiciones climáticas difíciles de considerar en el diseño y que pueden hacer que la duración de los pavimentos sea menor que el período de análisis considerado. (Yáñez, 2010, pág 38).

Para el presente proyecto se estudiará para un periodo de diseño de 20 años, de acuerdo a lo estudiado también en el capítulo 3.

#### **5.3.3. *Número de ejes equivalentes de 8.2 Ton***

De acuerdo al estudio de tráfico presentado en capítulo 3, se obtuvo un valor de 32 960 188 ejes equivalentes de 8.2 toneladas para un periodo de diseño de 20 años.

#### **5.3.4. *Concepto de serviciabilidad***

Esta expresada en términos de Índice de serviciabilidad, existen dos niveles de serviciabilidad, un valor inicial ( $P_o$ ), el cual está en función de la calidad y diseño del pavimento, por otra parte, el valor final ( $P_t$ ), el mismo que se lo establece por fallas o presencia de patologías en el pavimento.

A continuación, se presentan tablas para índices de serviciabilidad inicial y final estipulados por la normativa AASHTO 93.

**Tabla 65**

*Índice de Serviciabilidad Inicial de Diseño (Po)*

| <b>Tipo de pavimento</b>  | <b>Índice de serviciabilidad Inicial (Po)</b> |
|---------------------------|---|
| <b>Pavimento Flexible</b> | <b>4.2</b>                                    |
| Pavimento Rígido          | 4.5   |

*Nota.* Para pavimento flexible se adopta un valor (Po) igual a 4.2. Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93, (AASHTO, 2006)

**Tabla 66**

*Índice de Serviciabilidad Final de Diseño (Pt)*

| <b>Tipo de carretera</b>   | <b>Índice de serviciabilidad Inicial (Pt)</b> |
|--|---|
| <b>Carretera principales.</b>  | <b>2.5 ó 3</b>                                |
| Carreteras con clasificación menor.  | 2   |
| Carreteras relativamente menores, donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos. | 1.5   |

*Nota.* Para carretera principal se adoptó un valor (Pt) igual a 3. Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93, (AASHTO, 2006).

Conforme con lo indicado en las tablas de la normativa AASHTO, se seleccionó el índice de serviciabilidad inicial (Po) igual a 4.2, y (Pt) igual a 3 dado que es una carretera principal de alto tráfico, teniendo así una variación del índice de serviciabilidad para pavimento flexible de 1.2.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 3$$

$$\Delta PSI = 1.2$$

### 5.3.5. Nivel de confianza (R%)

Con el concepto de nivel de confianza se trata de integrar en el proceso de diseño cierto grado de certidumbre con el cual asegurar que varias alternativas de diseño alcanzarán el período de análisis. (Yáñez, 2010).

A continuación, se indica los niveles de confianza recomendados por la AASHTO según la clasificación funcional de la carretera.

**Tabla 67**

*Niveles de Confianza Recomendados para Distintas Clasificaciones Funcionales*

| Clasificación Funcional | Nivel de Confianza Recomendados |         |
|-------------------------|---------------------------------|---------|
|                         | Urbano                          | Rural   |
| Interestatal            | 85-99.9                         | 80-99.9 |
| Arteria Principales     | <b>80-99</b>                    | 75-95   |
| Calles Colectoras       | 80-95                           | 75-95   |
| Calles Locales          | 50-80                           | 50-80   |

*Nota.* Para zona urbana le corresponde valores entre 80% y 99%. Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, (AASHTO, 1993, pág. II-9).

Al estar la vía en un sector urbano y ser una arteria principal que comunica con varios sectores importantes del cantón Rumiñahui, se optó por un nivel de confianza (R) de 90.

### 5.3.6. Desviación estándar (So) y desviación normal estándar (Zr)

La desviación estándar (So), es llamada también valor de error estándar, este representa la variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin y con errores en el tránsito. Este valor está en función del tipo de pavimento, como se indica a continuación:

**Tabla 68***Valores de Desviación Estándar (So)*

| <b>Tipo de Pavimento</b> | <b>Rango</b> |
|--------------------------|--------------|
| Pavimentos Rígidos       | 0.3 - 0.4    |
| Pavimentos Flexibles     | 0.4 - 0.5    |

*Nota.* Pavimento en estudio es de tipo flexible. Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, (AASHTO, 1993, pág. I-62).

Debido a que el pavimento de diseño es de tipo flexible se adoptó un valor de desviación estándar (So) igual a 0.45.

Con respecto a (Zr), de igual manera se recomienda utilizar los valores planteados por la normativa AASHTO, en la siguiente tabla se puede apreciar el correspondiente valor (Zr) para cada nivel de confianza (R), que resulta de una la curva normal estándar.

**Tabla 69***Valores de Desviación Normal Estándar (So)*

| <b>Confianza.<br/>(R) (%)</b> | <b>Desviación<br/>Normal<br/>Estándar. (Zr)</b> |
|-------------------------------|---|
| 50                            | 0   |
| 60                            | -0.253  |
| 70                            | -0.524  |
| 75                            | -0.674  |
| 80                            | -0.841  |
| 85                            | -1.037  |
| <b>90</b>                     | <b>-1.282</b>                                   |
| 91                            | -1.34   |
| 92                            | -1.405  |
| 93                            | -1.476  |
| 94                            | -1.555  |
| 95                            | -1.645  |
| 96                            | -1.751  |
| 97                            | -1.881  |
| 98                            | -2.054  |
| 99                            | -2.327  |
| 99.9                          | -3.090  |
| 99.99                         | -3.750  |

*Nota.* Desviación normal estándar en función del nivel de confianza. Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, (AASHTO, 1993, pág. I-62).

Puesto que la desviación normal estándar ( $Z_r$ ), está en función del nivel de confianza ( $R$ ), se obtiene un valor igual a -1.282.

### 5.3.7. *Coefficiente de drenaje (Cd)*

Representa las condiciones de drenaje, las mismas “que tiene en cuenta la calidad del drenaje y el tiempo en que el pavimento está sometido a niveles de humedad próximos a la saturación.”(AASHTO, 2006, pág. 11).

Para este diseño se optó por una calidad de drenaje en condición bueno, para conocer el porcentaje de tiempo durante un periodo de un año ( $T_{Cd}$ ), donde el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación se realizó una relación entre los meses de lluvia, sobre el total de precipitación en un año, con ayuda de los datos establecidos por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Se tomaron los datos de la estación pluviométrica Uyumbicho M0113, que tiene como coordenadas 775216E; 9956670N y se encuentra a 15 km aproximadamente del proyecto en estudio.

**Tabla 70**

*Valores de Precipitación, Estación Pluviométrica Uyumbicho M0113*

| <b>Meses</b> | <b>Precipitaciones<br/>(mm)</b> |
|--------------|---------------------------------|
| Enero        | --                              |
| Febrero      | 197.5                           |
| Marzo        | 178.1                           |
| Abril        | 219.1                           |
| Mayo         | 50.6                            |
| Junio        | 30.2                            |
| Julio        | 19.3                            |
| Agosto       | 17.4                            |
| Septiembre   | 35.8                            |
| Octubre      | 137.1                           |
| Noviembre    | 134.4                           |
| Diciembre    | 55.1                            |
| <b>Total</b> | <b>1074.6</b>                   |

**Nota.** Precipitaciones mensuales en milímetros. Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2015).

Se tomó los valores de las precipitaciones de los meses de lluvia, que son febrero, marzo y abril. Por lo cual se tiene el siguiente porcentaje.

$$T_{Cd} = \frac{\text{Precipitaciones altas (meses de lluvia)}}{\text{Precipitación anual total}} * 100$$

$$T_{Cd} = \frac{594.7 \text{ mm}}{1074.6 \text{ mm}} * 100$$

$$T_{Cd} = 55.34 \%$$

En consecuencia, se obtiene un porcentaje mayor al 25 %, por lo cual, se precede a determinar el coeficiente de drenaje (Cd), de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 71**

*Coefficientes de Drenaje (Cd)*

| Calidad del drenaje |                   | Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercana a saturación. |             |             |               |
|---------------------|-------------------|---|-------------|-------------|---------------|
|                     |                   | Menor que 1%  | 1% - 5%     | 5% - 25%    | Mayor que 25% |
| Condición           | Tiempo Evacuación |   |             |             |               |
| Excelente           | 2 horas           | 1.40 - 1.35   | 1.35 - 1.30 | 1.30 - 1.20 | 1.2           |
| Bueno               | 1 día             | 1.35 - 1.25   | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.00 | <b>1.0</b>    |
| Regular             | 1 semana          | 1.25 - 1.15   | 1.15 - 1.05 | 1.00 - 0.80 | 0.8           |
| Malo                | 1 mes             | 1.15 - 1.05   | 1.05 - 0.80 | 0.8 - 0.6   | 0.6           |
| Muy Malo            | No drena          | 1.05 - 0.95   | 0.95 - 0.75 | 0.75 - 0.4  | 0.4           |

**Nota.** Coeficientes de drenaje en función de la condición de drenaje. Fuente: Guide for Design of Pavement Structures, (AASHTO, 1993, pág. I-62).

Por lo tanto, según lo estipulado se obtiene un coeficiente de drenaje (Cd) igual a 1, este valor será utilizado para el cálculo de los espesores del pavimento, tanto para base como para sub-base.

### 5.3.8. Módulo resiliente de la subrasante

Variable que sirve para caracterizar al material evaluado, para este estudio se utilizó correlaciones existentes que determinan el módulo resiliente a partir de resultados del

ensayo CBR de la subrasante. Dicho valor se encuentra establecido en el capítulo 4, apartado 4.7.1., logrando obtener el siguiente resultado:

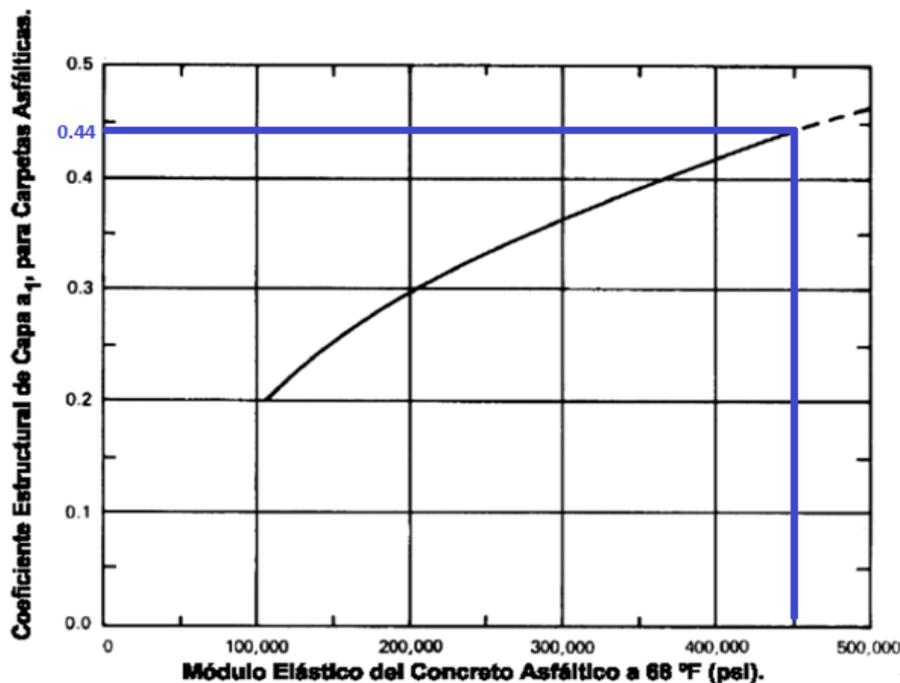
$$Mr = 13452.61 \text{ psi.}$$

### 5.3.9. Determinación del coeficiente estructural para carpeta asfáltica ( $a_1$ )

A partir de ensayos realizados para determinar el módulo de elasticidad del concreto asfáltico se sabe que está en torno a los 400000psi y 480000psi, por lo cual se optó por un valor de modulo elástico de 450 000 psi, obteniendo así un coeficiente estructural ( $a_1$ ) igual a 0.44 plg, como se indica en el nomograma a continuación:

**Figura 31**

*Nomograma Para Determinar el Coeficiente Estructural ( $a_1$ ), en Carpetas Asfálticas*



*Nota.* Coeficiente estructural en función del módulo elástico del concreto asfáltico.

Elaborado por: El autor, a través de Diseño de pavimentos flexibles (Yáñez, 2010)

Ahora bien, para el diseño se necesita que el coeficiente estructural ( $a_1$ ) este en centímetros, por lo cual se tiene un valor igual a:

$$a_1 = 0.173 \text{ (cm)}$$

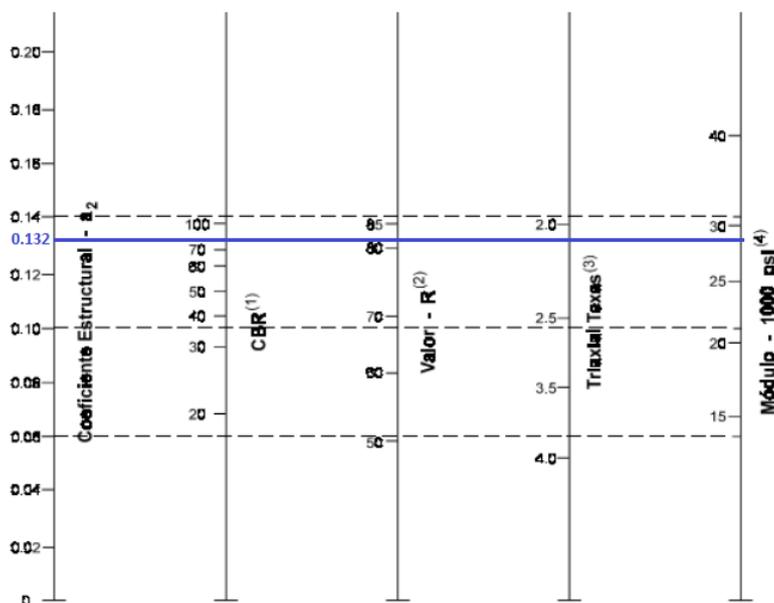
**5.3.10. Determinación del coeficiente estructural ( $a_2$ ) y del módulo resiliente ( $Mr_2$ ) para la base granular**

Teniendo en cuenta la normativa (NEVI-12-MTOP, 2013, pág. 938), menciona que el CBR mínimo para este material granular debe ser del 80%.

Para este estudio tomaremos dicho valor de CBR mínimo, de esta forma con ayuda del nomograma se determinó que el coeficiente estructural ( $a_2$ ) es igual a 0.132 plg, y el módulo resiliente ( $Mr_2$ ) para la Base es igual a 29000 psi como se indica en el nomograma a continuación:

**Figura 32**

*Abaco Para Determinar el Coeficiente Estructural ( $a_2$ ) y Módulo Resiliente en Bases*



*Nota.*  $a_2$  y  $Mr_2$  en función del valor CBR para bases. Elaborado por: El autor, a través de Diseño de pavimentos flexibles (Yáñez, 2010).

Ahora bien, para el diseño se necesita que el coeficiente estructural ( $a_2$ ) este en centímetros, por lo cual, los resultados serían los siguientes:

$$a_2 = 0.0520 \text{ (cm)}.$$

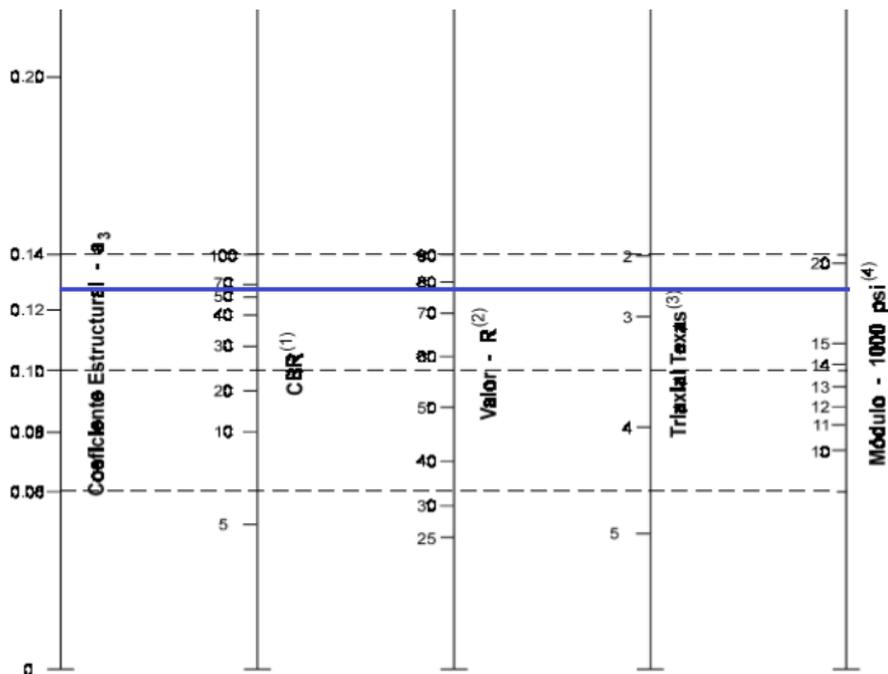
$$Mr_2 = 29000 \text{ (psi)}.$$

**5.3.11. Determinación del coeficiente estructural ( $a_3$ ) y del módulo resiliente ( $Mr_3$ ) para la sub-base granular**

Para este estudio tomaremos el valor de CBR igual al 65%, de acuerdo a los valores de CBR determinados en el capítulo 4, apartado 4.8.2, de esta forma con ayuda del nomograma se determinó que el coeficiente estructural ( $a_3$ ) es igual a 0.128 plg, y el módulo resiliente ( $Mr_3$ ) para la Sub-base es igual a 18 500 psi como se indica en el nomograma a continuación:

**Figura 33**

*Abaco Para Determinar el Coeficiente Estructural ( $a_3$ ) y Módulo Resiliente en Sub-Bases*



**Nota.**  $a_3$  y  $Mr_3$  en función del valor CBR para sub-bases. Elaborado por: El autor, a través de Diseño de pavimentos flexibles (Yáñez, 2010).

Ahora bien, para el diseño se necesita que el coeficiente estructural ( $a_3$ ) este en centímetros, por lo cual, los resultados serían los siguientes:

$$a_3 = 0.0504 \text{ (cm)}.$$

$$Mr_3 = 18\,500 \text{ (psi)}.$$

#### **5.4. Determinación de los números estructurales**

Para establecer los números estructurales se debe tener en cuenta las variables antes mencionadas, se los puede calcular en base a la ecuación indicada en el apartado 5.1., también por un nomograma, y por un programa denominado como “CÁLCULO DE ECUACIONES AASHTO 1993”, para nuestro estudio utilizamos la versión 2.0., desarrollado por el Ingeniero Civil Luis Ricardo Vásquez Varela en el año 2004.

En este sentido se comprobará que los números estructurales determinados por estos dos últimos métodos mencionados son iguales o similares con un ejemplo, los demás resultados se mostraran por eficiencia con el cálculo del programa indicado.

##### ***5.4.1. Número estructural para la capa de rodadura (SN1)***

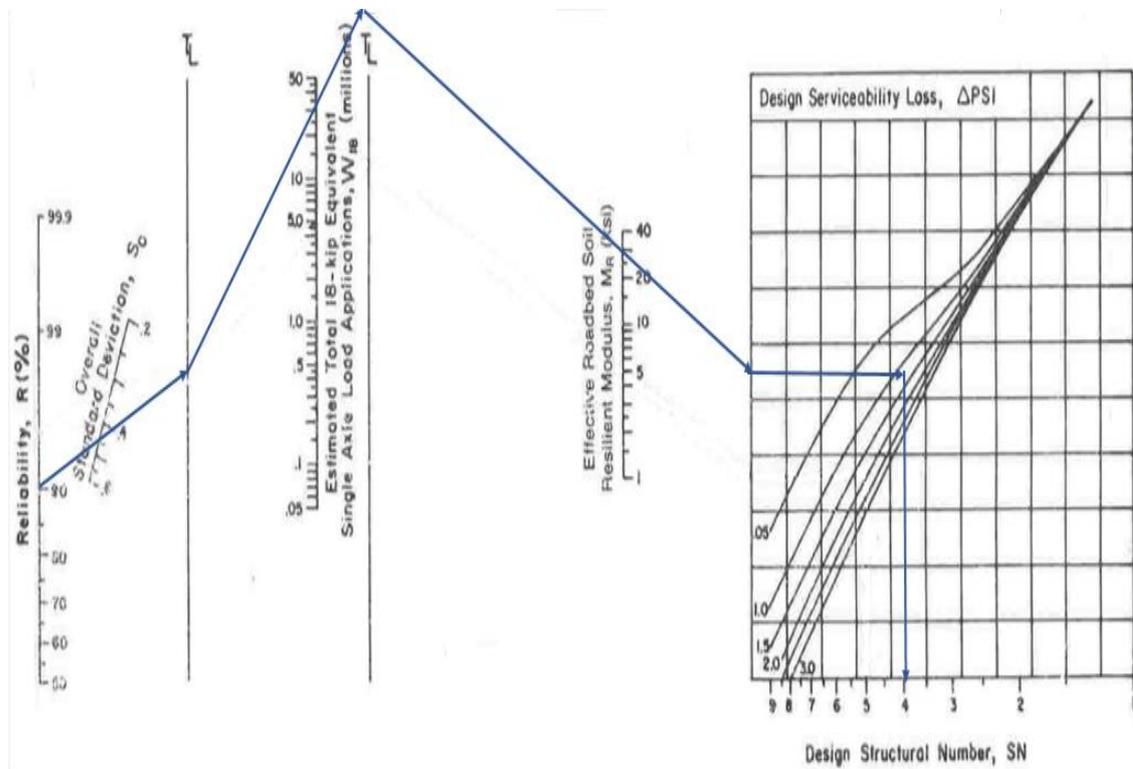
Se debe calcular un valor (SN1) necesario, ya que conjuntamente con el coeficiente estructural ( $a_1$ ), servirá para determinar el espesor de la carpeta asfáltica, la cual protegerá a la capa de Base, es por esto que se debe tomar el módulo resiliente ( $M_r$ ).

A si pues, se tiene un valor de (SN1) igual a 4.01 como se muestra a continuación en el nomograma.

**Figura 34**

*Nomograma Para Determinar el Número Estructural Para la Capa de Rodadura*

(SN1)



**Nota.** Secuencia de izquierda a derecha para determinar SN1. Elaborado por: El autor, a través del Diseño de pavimentos flexibles (Yáñez, 2010)

Como comprobación se realizó el cálculo con el programa “CÁLCULO DE ECUACIONES AASHTO 1993”, obteniéndose el mismo resultado como se indica a continuación:

**Figura 35**

*Cálculo del Número Estructural Para la Capa de Rodadura (SN1), con el Programa*

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**  
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiability (R) y Desviación estándar (So)  
90 %  $Z_r = -1.282$  So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
PSI inicial 4.2 PSI final 3

Módulo resiliente de la subrasante  
Mr 29000 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 = 32960188** **Número Estructural**  
 Calcular W18 **SN = 4.01**

Observaciones

Calcular Salir

**Nota.** Programa con parámetros ya determinados. Elaborado por: El autor, a través del programa realizado por el Ingeniero Civil Luis Ricardo Vásquez Varela, 2004

#### 5.4.2. Número estructural para la capa de base (SN2)

Se debe calcular un valor (SN2) necesario, ya que protegerá a la capa de Sub-base, es por esto que se debe tomar el módulo resiliente (Mr3).

Se realizó el cálculo con el programa “CÁLCULO DE ECUACIONES AASHTO 1993”, obteniéndose un valor (SN2) igual a 4.80 como se indica a continuación:

**Figura 36**

*Cálculo del Número Estructural Para la Capa de Base (SN2), con el Programa*

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**  
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
90 % Zr=-1.282 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
PSI inicial 4.2 PSI final 3

Módulo resiliente de la subrasante  
Mr 18500 psi

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

Tipo de Análisis  
 Calcular SN  Calcular W18

Número Estructural  
SN = 4.80  
W18 = 32960188

Observaciones

Calcular Salir

**Nota.** Programa con parámetros ya determinados. Elaborado por: El autor, a través del programa realizado por el Ingeniero Civil Luis Ricardo Vásquez Varela, 2004

### 5.4.3. Número estructural para la capa de sub-base (SN3)

Se debe calcular un valor (SN3) necesario, ya que protegerá a la capa de Subrasante, es por esto que se debe tomar el módulo resiliente de la misma (Mr).

Se realizó el cálculo con el programa “CÁLCULO DE ECUACIONES AASHTO 1993”, obteniéndose un valor (SN3) igual a 5.38 como se indica a continuación:

**Figura 37**

*Cálculo del Número Estructural Para la Capa de Sub-Base (SN3), con el Programa*

| CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)  |  |
|--|--|
| Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.   |  |
| Tipo de Pavimento<br><input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido              | Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)<br>90 % Zr=-1.282 So 0.45 |
| Serviciabilidad inicial y final<br>PSI inicial 4.2 PSI final 3   | Módulo resiliente de la subrasante<br>Mr 13453 psi                     |
| Información adicional para pavimentos rígidos  |  |
| Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)  | Coficiente de transmisión de carga - (J)                               |
| Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)   | Coficiente de drenaje - (Cd)   |
| Tipo de Análisis<br><input checked="" type="radio"/> Calcular SN <b>W18 =</b> 32960188<br><input type="radio"/> Calcular W18 | Número Estructural<br><b>SN =</b> 5.38                                 |
| Observaciones  |  |
| Calculador Salir   |  |

*Nota.* Programa con parámetros ya determinados. Elaborado por: El autor, a través del programa realizado por el Ingeniero Civil Luis Ricardo Vásquez Varela, 2004

### 5.5.Determinación de los espesores de cada capa

A continuación, se determinarán los espesores de cada una de las capas que forman la estructura del pavimento, las mismas que deben tener la capacidad de soportar las cargas previstas por el tránsito, sin que se produzcan fallas durante su vida útil.

#### 5.5.1. Cálculo del espesor de la carpeta asfáltica (D1)

Ya conocido el valor de (SN1) y (a1) se determina el espesor necesario de la carpeta asfáltica (D1), de la siguiente manera:

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{4.01}{0.173}$$

$$D_1 = 23.18 \text{ cm}$$

Para el cálculo del espesor de carpetas asfálticas se debe redondear a la pulgada. El espesor que se adoptará es D1 igual a **12.5 cm**, cabe mencionar que al disminuir el espesor de la carpeta asfáltica (D1), se compensará en las capas inferiores que conforman la estructura del pavimento.

Seguidamente se debe corregir el valor del número estructural para la capa de rodadura (SN1), así que se tiene el siguiente valor real (SN1\*):

$$SN_1^* = 12.5 * 0.173$$

$$SN_1^* = 2.16$$

### 5.5.2. Cálculo del espesor de la base (D2)

Ahora, conocido el valor de (SN1\*), (SN2), (a2) y (Cd), se determina el espesor necesario de la Base (D2), de la siguiente manera:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 * Cd}$$

$$D_2 = \frac{4.80 - 2.16}{0.0520 * 1}$$

$$D_2 = 50.77 \text{ cm}$$

Para el cálculo del espesor de Base se recomienda redondear a múltiplos de 5 centímetros, el espesor por el cual se optó es D2 igual a **30 cm**, del mismo modo que el caso anterior disminuimos el espesor de base (D2), para compensar o incrementar la capa de Sub-base.

Se debe corregir el valor del número estructural para la capa de Base (SN2), así que se tiene el siguiente valor real (SN2\*):

$$SN_2^* = 30 * 0.0520 * 1$$

$$SN_2^* = 1.56$$

### 5.5.3. Cálculo del espesor de la Sub-base (D3)

Dado que se conoce el valor de (SN1\*), (SN2\*) (SN3), (a3) y (Cd), se determina el espesor necesario de la Sub-base (D3), de la siguiente manera:

$$D_3 = \frac{SN_3 - SN_1^* - SN_2^*}{a_3 * Cd}$$

$$D_3 = \frac{5.38 - 2.16 - 1.56}{0.0504 * 1}$$

$$D_3 = 32.94 \text{ cm}$$

Para el cálculo del espesor de la Sub-base se recomienda redondear a múltiplos de cinco centímetros, es por esta razón que se optó por un espesor D3 igual a **35 cm**.

Seguidamente se debe corregir el valor del número estructural para la capa de Sub-base (SN3), así que se tiene el siguiente valor real (SN3\*):

$$SN_3^* = 35 * 0.0504 * 1$$

$$SN_3^* = 1.76$$

Una vez determinados los espesores se comprueba que el diseño estructural de pavimento sea económico y sustentable, para lo cual la normativa AASHTO recomienda que se debe cumplir la siguiente expresión:

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN_3$$

Por consiguiente, se verifica que cumple con la normativa como se indica a continuación:

$$2.16 + 1.56 + 1.76 \geq 5.38$$

$$5.48 \geq 5.38 \text{ (Cumple)}$$

### 5.5.4. Espesores mínimos sugeridos por la normativa AASHTO 93 para las capas de concreto asfáltico y base granular

Estos espesores mínimos están en función del tránsito, y se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 72**

*Espesores Mínicos de Carpeta Asfáltico y Base Granular Sugeridos por AASHTO 93*

| Ejes W 8.2              | Concreto asfáltico (mm) | Base granular (mm) |
|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| Menos de 50,000         | 30                      | 100                |
| 50,000 - 150,000        | 60                      | 100                |
| 150,000 - 500,000       | 75                      | 100                |
| 500,000 - 2,000,000     | 90                      | 150                |
| 2,000,000 - 7,000,000   | 100                     | 150                |
| <b>Más de 7,000,000</b> | <b>120</b>              | <b>150</b>         |

*Nota.* Espesores mínimos en función del número de ejes equivalentes de 8.2t. Fuente: Diseño de pavimentos flexibles (Yáñez, 2010).

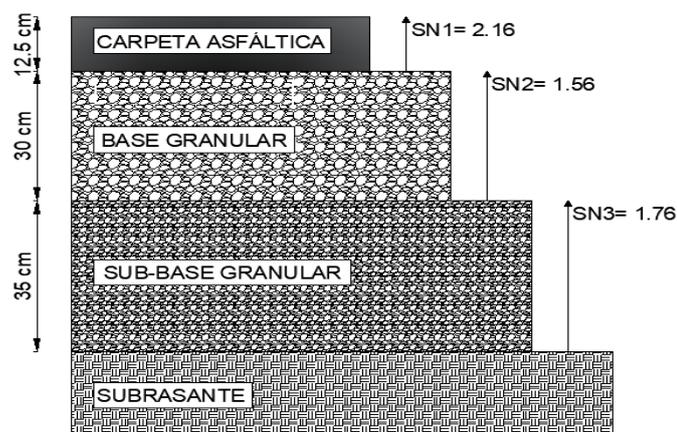
Para nuestro estudio se tiene que los espesores mínimos que debe cumplir la capa de concreto asfáltico y la capa de base granular es de 120 mm y 150 mm respectivamente, por lo tanto, el diseño cumple con este requerimiento.

#### 5.5.5. *Espesores propuestos para la estructura de pavimento flexible*

Por último, se muestran mediante un gráfico los espesores y números estructurales propuestos para la estructura de pavimento flexible.

**Figura 38**

*Espesores Propuestos Para la Estructura de Pavimento Flexible*



*Nota.* Espesor total de estructura de pavimento flexibles igual a 77.5 cm. Elaborado por: El autor, a través del software AutoCad 2018.

## CAPÍTULO VI

### 6. DISEÑO GEOMÉTRICO

#### 6.1. Generalidades

El diseño geométrico debe llevarse a cabo respetando la normativa MOP 2003, para así obtener un diseño seguro, funcional y económico.

Con respecto a la topografía, se la levanto con la ayuda del personal técnico del GADMUR, la cual se efectuó tomando en consideración las construcciones aledañas, cerramientos, pozos, sumideros, arboles, entre otros, que pueden o no ser afectadas por la ampliación de esta importante vía, esto nos lleva a tener limitaciones en el cumplimiento de la normativa para el diseño, puesto que se buscará cumplir con la funcionalidad sin afectar en gran magnitud los predios.

En este capítulo se dará a conocer la modificación geométrica que tendrá la vía existente, producto de la ampliación a tres carriles en sentido Norte – Sur.

Por otro lado, se mantendrá el trazado original de la vía que presenta en la actualidad, por lo cual se extenderá el ancho de la calzada que por el momento en el sentido Norte-Sur consta de dos carriles en una sola dirección con un ancho de carril igual a 3.8 m, no cuenta con espaldones, pero si con un parterre central de 3.9 m y un ancho de vereda igual a 3.0 metros aproximadamente en gran parte del trayecto de estudio, esto ayudará conjuntamente con la reducción del parterre central a limitarnos a la afectación de predios, aprovechando este espacio para la ampliación a 3 carriles.

Teniendo en cuenta que el terreno es plano, la gradiente longitudinal no intervendrá en el trazado geométrico de la vía.

## 6.2. Alineamiento horizontal

Para empezar, se debe establecer el eje de la vía para la ampliación, siendo este paralelo al eje existente, este alineamiento se conforma por tangentes y curvas horizontales.

Se debe llevar a cabo en función a la velocidad de diseño, peralte, velocidad de circulación, sobre anchos, distancia de visibilidad de rebasamiento y distancia de visibilidad de parada, parámetros que se deben cumplir en base a las normas de diseño geométrico de carreteras MOP 2003.

### 6.2.1. *Velocidad de diseño (VD)*

Para definir correctamente este parámetro de vital importancia, que servirá para la determinación de otras variables como la velocidad de circulación ( $V_c$ ), peralte ( $e$ ), radio mínimo de curvatura ( $R$ ), entre otros, se indica el concepto manejado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO, 2003) que menciona lo siguiente:

“Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son favorables. Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Con esta velocidad se calculan los elementos geométricos de la vía para su alineamiento horizontal y vertical.” (MTO, 2003, pág. 26).

**Tabla 73**

*Velocidades de Diseño en Función del TPDA y el Tipo de Terreno*

|                      |                   | VELOCIDAD DE DISEÑO (km/h)  |          |  |           |  |          |  |          |  |          |  |          |
|----------------------|-------------------|---|----------|--|-----------|--|----------|--|----------|--|----------|--|----------|
| CATEGORÍA DE LA VÍA  | T.P.D.A. ESPERADO | BÁSICA (RELIEVE LLANO)  |          |  |           | PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES                                       |          |  |          |  |          |  |          |
|                      |                   |   |          | Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad. |           | (RELIEVE ONDULADO)   |          |  |          | (RELIEVE MONTAÑOSO)  |          |  |          |
|                      |                   | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal. |          |  |           | Para el cálculo de los elementos del trazado de perfil longitudinal. |          | Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad. |          | Para el cálculo de los elementos del trazado de perfil longitudinal. |          | Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad. |          |
|                      |                   | Recom.  | Absoluta | Recom.   | Absoluta  | Recom.   | Absoluta | Recom.   | Absoluta | Recom.   | Absoluta | Recom.   | Absoluta |
| R-I ó R-II (Tipo)    | >8000             | 120   | 110      | 100  | <b>95</b> | 110  | 90       | 95   | 85       | 90   | 80       | 90   | 80       |
| I Todos              | 3000-8000         | 110   | 100      | 100  | 90        | 100  | 80       | 90   | 80       | 80   | 60       | 80   | 60       |
| II Todos             | 1000-3000         | 100   | 90       | 90   | 85        | 90   | 80       | 85   | 80       | 70   | 50       | 70   | 50       |
| III Todos            | 300-1000          | 90  | 80       | 85   | 80        | 80   | x60      | 80   | 60       | 60   | 40       | 60   | 40       |
| IV Tipo 5, 5E, 6 y 7 | 100-300           | 80  | 60       | 80   | 60        | 60   | 35       | 60   | 35       | 50   | 25       | 50   | 25       |
| V 4 y 4E             | <100              | 60  | 50       | 60   | 50        | 50   | 35       | 50   | 35       | 40   | 25       | 40   | 25       |

**Nota.** Los valores anotados como Recomendados (Recom), se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectiva de vía, mientras que los valores absolutos se emplearán cuando el TPDA es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de la vía. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado.

Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MTOP, 2003, pág. 31).

Conforme con la normativa (MTOPI, 2003), para un TPDA mayor a 8000, de relieve llano le corresponde un valor de velocidad de diseño absoluta de:  $V_D = 95 \text{ km/h}$ .

### 6.2.2. Velocidad de circulación (VC)

“La velocidad de circulación es la velocidad real de un vehículo a lo largo de una sección específica de carretera y es igual a la distancia recorrida dividida para el tiempo de circulación del vehículo” (MTOPI, 2003, pág. 30).

Según la normativa (MTOPI, 2003), tiene relación con la velocidad de diseño, la misma que se explica mediante la siguiente tabla:

**Tabla 74**

*Relaciones entre la Velocidad de diseño y la Velocidad de Circulación*

| Velocidad de diseño (km/h) | Velocidad de circulación en km/h |                                |                          |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
|                            | Volumen de tránsito bajo         | Volumen de tránsito intermedio | Volumen de tránsito alto |
| 25                         | 24                               | 23                             | 22                       |
| 30                         | 28                               | 27                             | 26                       |
| 40                         | 37                               | 35                             | 34                       |
| 50                         | 46                               | 44                             | 42                       |
| 60                         | 55                               | 51                             | 48                       |
| 70                         | 63                               | 59                             | 53                       |
| 80                         | 71                               | 66                             | 57                       |
| 90                         | 78                               | 73                             | 59                       |
| 100                        | 86                               | 79                             | 60                       |
| 110                        | 92                               | 85                             | 61                       |

**Nota.** Velocidad de circulación en función de velocidades de diseño. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MTOPI, 2003, pág. 32).

Por consiguiente, al tener una velocidad de diseño ( $V_D$ ) igual a 95 km/h, interpolamos entre los valores de 90 km/h y 100 km/h, para un volumen de tránsito alto, obteniendo así una velocidad de circulación igual a 59.5 km/h.

### 6.2.3. Peralte (e)

“Se recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 10% para carreteras y caminos con capas de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada para velocidades de diseño mayores a 50 Km/h; y del 8% para caminos con capa granular de rodadura (Caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades hasta 50 Km/h.” (MTO, 2003, pág. 56).

Por lo tanto, se adopta un peralte máximo (e) igual al 10%.

### 6.2.4. Coeficiente de fricción lateral (f)

A continuación, se presenta una tabla, resultado de innumerables pruebas realizadas por distintas organizaciones en función de la velocidad de diseño. Se puede notar que el coeficiente de fricción lateral disminuye al aumentar la velocidad de diseño.

**Tabla 75**

*Coefficientes de Fricción Lateral*

| Velocidad específica (km/h). | Coefficiente de fricción lateral (f). |
|------------------------------|---------------------------------------|
| 30                           | 0.180                                 |
| 40                           | 0.172                                 |
| 50                           | 0.164                                 |
| 60                           | 0.157                                 |
| 70                           | 0.149                                 |
| 80                           | 0.141                                 |
| 90                           | 0.133                                 |
| 100                          | 0.126                                 |
| 110                          | 0.118                                 |
| 120                          | 0.110                                 |
| 130                          | 0.100                                 |
| 140                          | 0.094                                 |
| 150                          | 0.087                                 |

**Nota.** Coeficiente de fricción lateral en función de la velocidad de diseño. Fuente: Diseño Geométrico de Vías. (Agudelo, 2002, pag. 85).

Entonces para la velocidad de diseño igual a  $V_D = 95 \text{ km/h}$  se tendría que interpolar entre los valores de 90 km/h y 100 km/h, obtenido así un coeficiente de fricción lateral (f) igual 0.1295.

### 6.2.5. Radio mínimo de curvatura horizontal (R)

La definición de este parámetro se la realizó de acuerdo con la normativa (MTOPI, 2003), la misma que manifiesta:

“El radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente. El empleo de curvas con Radios menores al mínimo establecido exigirá peraltes que sobrepasen los límites prácticos de operación de vehículos. Por lo tanto, la curvatura constituye un valor significativo en el diseño del alineamiento.” (MTOPI, 2003, pág. 36).

El radio mínimo de curvatura horizontal (R), para situaciones de seguridad se lo calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde:

R = Radio mínimo de una curva horizontal, (m).

$V_D$  = Velocidad de diseño, (Km/h).

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

f = Coeficiente de fricción lateral.

Por lo cual, para nuestro caso se tiene:

$$R = \frac{95^2}{127 * (0.1 + 0.1295)}$$

$$R = 309.6 \text{ m}$$

Por otra parte, la normativa (MTOPI, 2003, pág. 37), presenta una tabla con valores de radios mínimos de curvatura calculados y recomendados, como se indica a continuación:

**Tabla 76***Radio Mínimo de Curvatura Horizontal (R)*

| VELOCIDAD<br>( Km/h ) | f     | RADIO MınIMO<br>CALCULADO |     |     |     | RADIO MınIMO<br>RECOMENDADO |     |     |     |
|-----------------------|-------|----------------------------|-----|-----|-----|------------------------------|-----|-----|-----|
|                       |       | 10%                        | 8%  | 6%  | 4%  | 10%                          | 8%  | 6%  | 4%  |
| 20                    | 0.350 | --                         | 7   | 8   | 8   | --                           | 20  | 20  | 20  |
| 25                    | 0.315 | --                         | 13  | 13  | 14  | --                           | 20  | 25  | 25  |
| 30                    | 0.284 | --                         | 20  | 21  | 22  | --                           | 25  | 30  | 30  |
| 35                    | 0.255 | --                         | 29  | 31  | 33  | --                           | 30  | 35  | 35  |
| 40                    | 0.221 | --                         | 42  | 45  | 48  | --                           | 42  | 45  | 50  |
| 45                    | 0.206 | --                         | 56  | 60  | 65  | --                           | 58  | 60  | 66  |
| 50                    | 0.190 | --                         | 73  | 79  | 86  | --                           | 75  | 80  | 90  |
| 60                    | 0.165 | 107                        | 116 | 126 | 138 | 110                          | 120 | 130 | 140 |
| 70                    | 0.150 | 154                        | 168 | 184 | 203 | 160                          | 170 | 185 | 205 |
| 80                    | 0.140 | 210                        | 229 | 252 | 280 | 210                          | 230 | 255 | 280 |
| 90                    | 0.134 | 273                        | 298 | 329 | 367 | 275                          | 300 | 330 | 370 |
| 100                   | 0.130 | 342                        | 375 | 414 | 463 | 350                          | 375 | 415 | 465 |
| 110                   | 0.124 | 425                        | 467 | 518 | 581 | 430                          | 470 | 520 | 585 |
| 120                   | 0.120 | 515                        | 567 | 630 | 709 | 520                          | 570 | 630 | 710 |

Nota: Se podra utilizar un radio mínimo de 15m, siempre y cuando se trate de:

- Aprovechar infraestructuras existentes.
- Relieve difícil (escarpado).
- Caminos de bajo costo.

**Nota.** Radios mínimos en función de la velocidad de diseño. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MTOPI, 2003, pág. 37).

Conforme con la tabla presentada, para una velocidad de diseño igual a 95 km/h se adopta un radio mínimo recomendado de 312.5 m.

#### **6.2.6. Distancias de visibilidad**

“La capacidad de visibilidad es de importancia en la seguridad y eficiencia de la operación de vehículos en una carretera, de ahí que a la longitud de la vía que un conductor ve continuamente delante de él, se le llame distancia de visibilidad.” (MTOPI, 2003, pág. 180).

Se divide en dos tipos de distancia de visibilidad:

- Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo
- Distancia necesaria para el rebasamiento de un vehículo.

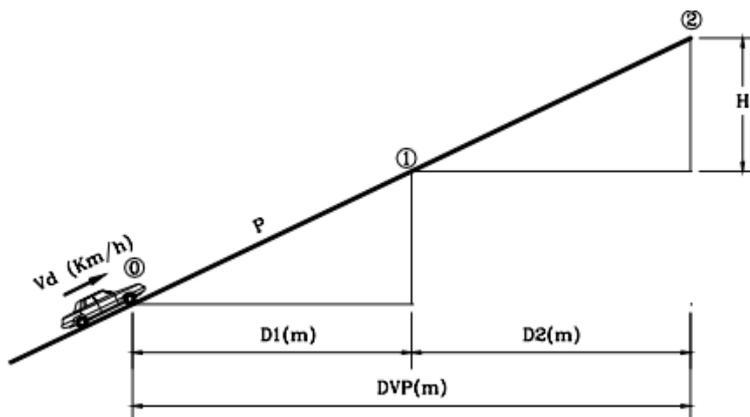
### 6.2.6.1. Distancias de visibilidad de parada (d)

Conforme con la definición planteada por la normativa (MTO, 2003), se manifiesta la misma:

“Es la mínima distancia de visibilidad (d) para la parada de un vehículo es igual a la suma de dos distancias; una, la distancia (d1) recorrida por el vehículo desde el instante en que el conductor avizora un objeto en el camino hasta la distancia (d2) de frenaje del vehículo, es decir, la distancia necesaria para que el vehículo pare completamente después de haberse aplicado los frenos.” (MTO, 2003, pág. 180).

**Figura 39**

*Esquema Sobre la Visibilidad de Parada*



**Nota.** Visibilidad de parada en función de la velocidad de diseño. Fuente: Diseño Geométrico de Vías. (Agudelo, 2002, pag. 363).

Las distancias d1 y d2 se calculan con las siguientes expresiones:

$$D1 = d1 = 0.7Vc$$

$$D2 = d2 = \frac{Vc^2}{254f}$$

Donde:

d1= distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción, expresada en metros.

d2 = distancia de frenado sobre la calzada a nivel, expresada en metros.

$V_c$  = velocidad de circulación del vehículo, expresada en Km/h.

$f$  = coeficiente de fricción longitudinal.

A continuación, se presenta una tabla propuesta por la normativa (MTO, 2003), indicando la distancia de visibilidad mínima de parada de un vehículo, en función de la velocidad de diseño.

**Tabla 77**

*Distancia de Visibilidad Mínima para Parada de un Vehículo, (Criterio de Diseño: Pavimentos Mojados y Gradiente Horizontal (0%))*

| Velocidad de Diseño-<br>$V_D$ (Kph) | Velocidad de Circulación Asumida- $V_c$ (Kph) | Percepción + Reacción para Frenaje |                             | Coeficiente de Fricción Longitudinal "f" | Distancia de Frenaje "d2" Gradiente cero (m) | Distancia de Visibilidad para parada ( $d=d_1+d_2$ ) |                |
|-------------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|--|--|--|----------------|
|                                     |   | Tiempo (seg)                       | Distancia Recorrida "d" (m) |  |  | Calculada (m)  | Redondeada (m) |
| 20                                  | 20  | 2.5                                | 13.89                       | 0.47                                     | 3.36   | 17.25  | 20             |
| 25                                  | 24  | 2.5                                | 16.67                       | 0.44                                     | 5.12   | 21.78  | 25             |
| 30                                  | 28  | 2.5                                | 19.44                       | 0.42                                     | 7.29   | 26.74  | 30             |
| 35                                  | 33  | 2.5                                | 22.92                       | 0.40                                     | 10.64  | 33.56  | 35             |
| 40                                  | 37  | 2.5                                | 25.69                       | 0.39                                     | 13.85  | 39.54  | 40             |
| 45                                  | 42  | 2.5                                | 29.17                       | 0.37                                     | 18.53  | 47.70  | 50             |
| 50                                  | 46  | 2.5                                | 31.94                       | 0.36                                     | 22.85  | 54.79  | 55             |
| 60                                  | 55  | 2.5                                | 38.19                       | 0.35                                     | 34.46  | 72.65  | 70             |
| 70                                  | 63  | 2.5                                | 43.75                       | 0.33                                     | 47.09  | 90.84  | 90             |
| 80                                  | 71  | 2.5                                | 49.31                       | 0.32                                     | 62.00  | 111.30   | 110            |
| 90                                  | 79  | 2.5                                | 54.86                       | 0.31                                     | 79.25  | 134.11   | 135            |
| 100                                 | 86  | 2.5                                | 59.72                       | 0.30                                     | 96.34  | 156.06   | 160            |
| 110                                 | 92  | 2.5                                | 63.89                       | 0.30                                     | 112.51                                       | 176.40   | 180            |
| 120                                 | 100   | 2.5                                | 71.53                       | 0.29                                     | 145.88                                       | 217.41   | 220            |

**Nota.** Visibilidad mínima de parada en función de la velocidad de diseño. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MTO, 2003, pág. 186).

Por consiguiente, se opta por un valor interpolado de distancia de visibilidad mínima para parada de 147.5 m.

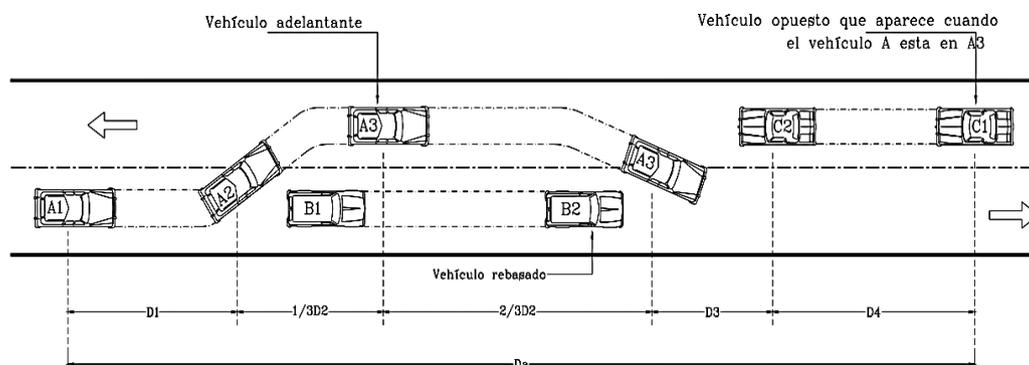
#### 6.2.6.2. Distancias de visibilidad para rebasamiento de un vehículo

“La distancia de visibilidad para el rebasamiento se determina en base a la longitud de carretera necesaria para efectuar la maniobra de rebasamiento en condiciones de seguridad” (MTO, 2003, pág. 192).

Para explicar de mejor manera se presenta el siguiente esquema:

**Figura 40**

*Esquema Sobre Distancia de Visibilidad Para Rebasamiento*



**Nota.** Distancia de visibilidad de rebasamiento esta en función de la velocidad de diseño. Fuente: Diseño Geométrico de Vías. (Agudelo, 2002, pag. 370).

Se aprecia que la distancia de visibilidad para rebasamiento de un vehículo resulta de la suma de cuatro distancias.

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Donde:

D1= distancia recorrida por el vehículo rebasante en el tiempo de percepción/reacción y durante la aceleración inicial hasta alcanzar el carril izquierdo de la carretera.

D2 = distancia recorrida por el vehículo rebasante durante el tiempo que ocupa el carril izquierdo.

D3= distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto, al final de la maniobra. Asumir de 30 m a 90 m.

D4= distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto durante dos tercios del tiempo empleado por el vehículo rebasante, mientras usa el carril izquierdo; es decir, 2/3 de d2. Se asume que la velocidad del vehículo que viene en sentido opuesto es igual a la del vehículo rebasante.

A continuación, se indican ecuaciones por las cuales son calculadas las distancias antes mostradas.

$$D1 = 0.14 * t1(2V - 2m + a * t1)$$

$$D2 = 0.28V * t2$$

$$D3 = 0.187 * V * t2 \text{ ó } 30m \text{ a } 90m$$

$$D4 = 0.18V * t2$$

Donde:

d1, d2, d3, d4 = Distancias (m)

t1 = Tiempo de la maniobra inicial (s)

t2 = Tiempo durante el cual el vehículo rebasante ocupa el carril del lado izq. (s) V = Velocidad promedio del vehículo rebasante (Km/h)

m = Diferencia de velocidades entre el vehículo rebasante y el rebasado (Km/h)

a = Aceleración promedio del vehículo rebasante (kph/s)

Se debe tener en consideración los siguientes aspectos mencionados por la normativa (MTOPI, 2003).

- El vehículo rebasado circula con velocidad uniforme.
- Cuando llega a la zona de rebasamiento, el conductor del vehículo rebasante requiere de corto tiempo para percibir dicha zona y reaccionar iniciando la maniobra.
- El vehículo rebasante acelera durante la maniobra y su velocidad promedio durante la ocupación del carril izquierdo es de 16 kilómetros por hora, mayor a la del vehículo rebasado.

- Cuando el vehículo rebasante regresa a su propio carril del lado derecho, existe un espacio suficiente entre dicho vehículo y otro que viene en sentido contrario por el otro carril.

La normativa (MTO, 2003) plantea la siguiente tabla para determinar la distancia mínima de visibilidad para rebasamiento de un vehículo a partir de la velocidad de diseño.

**Tabla 78**

*Distancia Mínima de Visibilidad para el Rebasamiento de un Vehículo*

| $V_D$<br>(Km/h) | Velocidades de los<br>vehículos (Km/h). |           | Distancia mínima de<br>rebasamiento (m). |             |
|-----------------|---|-----------|--|-------------|
|                 | Rebasado                                | Rebasante | Calculada                                | Recomendada |
| 25              | 24                                      | 40        | --                                       | (80)        |
| 30              | 28                                      | 44        | --                                       | (110)       |
| 35              | 33                                      | 49        | --                                       | (130)       |
| 40              | 35                                      | 51        | 268                                      | 270 (150)   |
| 45              | 39                                      | 55        | 307                                      | 310 (180)   |
| 50              | 43                                      | 59        | 345                                      | 345 (210)   |
| 60              | 50                                      | 66        | 412                                      | 415 (290)   |
| 70              | 58                                      | 74        | 488                                      | 490 (380)   |
| 80              | 66                                      | 82        | 563                                      | 565 (480)   |
| 90              | 73                                      | 89        | 631                                      | 640         |
| 100             | 79                                      | 95        | 688                                      | 690         |
| 110             | 87                                      | 103       | 764                                      | 830*        |
| 120             | 94                                      | 110       | 831                                      | 830         |

Notas: " \* "Valor utilizado con margen de seguridad por sobrepasar la velocidad de rebasamiento los 100 kph.

( ) Valores utilizados para caminos vecinales.

**Nota.** Distancia de visibilidad de rebasamiento en función de  $V_D$ . Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MTO, 2003, pág. 197).

Conforme con la tabla, se obtiene un valor interpolado de distancia mínima de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo de 665 m.

### 6.3. Sección transversal

“La sección transversal típica a adoptarse para una carretera depende casi exclusivamente del volumen de tráfico y del terreno y por consiguiente de la velocidad de diseño más apropiada para dicha carretera.” (MTO, 2003, pág. 226).

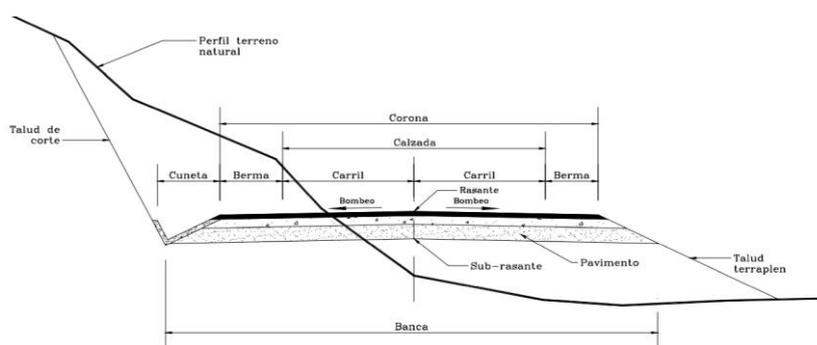
“La sección transversal típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad y comodidad de los usuarios.” (Agudelo, 2002, pág. 258).

El ancho de la sección transversal típica está constituido por el ancho de:

- a. Pavimento.
- b. Espaldones o bermas.
- c. Taludes interiores.
- d. Cunetas.

#### Figura 41

*Esquema Sobre Sección Transversal Típica de una Carretera*



**Nota.** Partes que forman el ancho de una carretera. Fuente: Diseño Geométrico de Vías. (Agudelo, 2002, pag. 260).

#### 6.3.1. Ancho de calzada

El ancho de calzada está destinado a la circulación de los vehículos, puede estar constituido por varios carriles en distintos sentidos.

Para determinar el ancho de carril, utilizaré el planteamiento del ancho de calzada, mediante una tabla dispuesta en la normativa del (MTOP, 2003), donde este parámetro está en función del TPDA, como se muestra a continuación:

**Tabla 79**

*Valores de Diseño para el Ancho de Calzada*

| Clase de Carretera     | ANCHOS DE LA CALZADA    |            |
|------------------------|-------------------------|------------|
|                        | Ancho de la Calzada (m) |            |
|                        | Recomendable            | Absoluto   |
| R-I o R-II > 8000 TPDA | 7.3                     | <b>7.3</b> |
| I 3000 a 8000 TPDA     | 7.3                     | 7.3        |
| II 1000 a 3000 TPDA    | 7.3                     | 6.5        |
| III 300 a 1000 TPDA    | 6.7                     | 6          |
| IV 100 a 300 TPDA      | 6                       | 6          |
| V Menos de 100 TPDA    | 4                       | 4          |

**Nota.** Ancho de calzada en función de la clase de carretera. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MTOP, 2003, pág. 227).

Por consiguiente, se adopta un valor de ancho de calzada igual a 7 m, es decir 3.5m por carril, al proyectarse 3 carriles, obtendríamos un ancho de calzada igual a 10.5m.

### **6.3.2. Parterre**

“Los parterres serán tan amplios como sea posible pudiendo ser delimitados por bordillos o por marcas en el pavimento. En general, se consideran dos tipos de parterres los angostos y los anchos.” (MTOP, 2003, pág. 227).

Los parterres angostos oscilan entre valores de 1.2m a 5m de ancho, mientras que los parterres anchos fluctúan entre 15m y 23m de ancho.

Para este estudio al tratarse de una ampliación y contar con un parterre intermedio de 3.9m de ancho en gran parte de la longitud en estudio, se considera que es un parterre angosto, por otro lado, se reducirá el mismo a un ancho que varía entre 1 y 2 m, para ganar espacio en la ampliación y reducir la probabilidad de afectación a predios.

### **6.3.3. Espaldones**

Se encuentran contiguas a la calzada sirviendo de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento, por otra parte, controlan las probables erosiones en la calzada y la humedad.

Según la (MTO, 2003, pág. 232), las principales funciones de los espaldones son las siguientes:

1. Provisión de espacio para el estacionamiento temporal de vehículos fuera de la superficie de rodadura fija, a fin de evitar accidentes.
2. Provisión de una sensación de amplitud para el conductor, contribuyendo a una mayor facilidad de operación, libre de tensión nerviosa.
3. Mejoramiento de la distancia de visibilidad en curvas horizontales.
4. Mejoramiento de la capacidad de la carretera, facilitando una velocidad uniforme.
5. Soporte lateral del pavimento.
6. Provisión de espacio para la colocación de señales de tráfico y guardacaminos, sin provocar interferencia alguna.

Para este proyecto al contar con un alto tráfico, y conociendo las funciones que cumplen los espaldones, es necesario contar con este espacio, ya que actualmente la vía en el sentido que se efectuará la ampliación no cuenta con espaldón, por lo cual es motivo de obstaculización en el tráfico, peligro al rebasar, etc. Por lo tanto, se presenta una tabla que establece la (MTO, 2003), recomendando valores de ancho de espaldones como se indica a continuación:

**Tabla 80***Valores de Diseño para el Ancho de Espaldones*

| <b>VALORES DE DISEÑO PARA EL ANCHO DE ESPALDONES (Metros)</b> |   |                    |                     |                 |          |          |
|---|---|--------------------|---------------------|-----------------|----------|----------|
| <b>Clase de Carretera</b>                                     | <b>Ancho de Espaldones (m)</b>  |                    |                     |                 |          |          |
|   | <b>Recomendable</b>   |                    |                     | <b>Absoluto</b> |          |          |
|   | <b>L</b>  | <b>O</b>           | <b>M</b>            | <b>L</b>        | <b>O</b> | <b>M</b> |
|   | (1.2)   | (1.2)              | (1.2)               | <b>(1.2)</b>    | (1.2)    | (1.2)    |
| R-I o R-II > 8000 TPDA  | 3.0 *   | 3.0 *              | 2.5 *               | <b>3.0</b>      | 3.0 *    | 2.0 *    |
| I 3000 a 8000 TPDA  | 2.5 *   | 2.5 *              | 2.0 *               | 2.5 **          | 2.0 **   | 1.5 **   |
| II 1000 a 3000 TPDA   | 2.5 *   | 2.5 *              | 1.5 *               | 2.5             | 2.0      | 1.5      |
| III 300 a 1000 TPDA   | 2.0 **  | 1.5 **             | 1.0 *               | 1.5             | 1.0      | 0.5      |
| IV 100 a 300 TPDA   | 0.6   | 0.6                | 0.6                 | 0.6             | 0.6      | 0.6      |
| V Menos de 100 TPDA   | Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (no se considera el espaldón como tal). |                    |                     |                 |          |          |
|   | L=Terreno Llano   | O=Terreno Ondulado | M=Terreno Montañoso |                 |          |          |

\* La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior. Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico.  
 \*\* Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente. (ver nota 5/ del cuadro general de calificación).

**Nota.** Ancho de espaldón en función de la clase de carretera. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MTO, 2003, pág. 233).

Conforme con la tabla presentada, se recomienda que la vía debe ser diseñada con un espaldón interior de 1.2 metros y 3 metros para el espaldón exterior. Por otro lado, su pendiente transversal debería ser del 4 por ciento.

#### **6.3.4. Cunetas**

“Son zanjas abiertas y longitudinales, construidas en concreto o en tierra, que tienen la función de recoger y canalizar las aguas superficiales y de infiltración y conducir las hasta un punto de fácil evacuación.” (Agudelo, 2002, pág. 268).

Para el presente estudio se efectuará el análisis para determinar si se utilizaran cunetas o sumideros como actualmente se dispone, esto se indicará en el próximo capítulo.

### 6.3.5. Gradiente transversal

Se adoptará un valor de 2% para gradiente transversal de la vía.

### 6.3.6. Sección transversal adoptada para la vía

Según los parámetros adoptados se tiene los siguientes datos resumidos que conforman la sección trasversal de la vía. Además, se presenta un esquema con las medidas establecidas.

**Tabla 81**

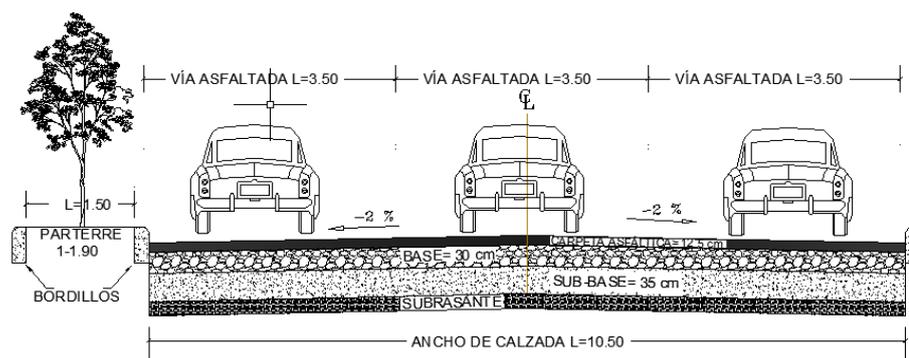
*Parámetros de la Sección Transversal Adoptada*

| Sección adoptada para la vía         |            |
|--------------------------------------|------------|
| Parámetros                           | Anchos (m) |
| Ancho de calzada sentido Norte - Sur | 10.5       |
| Ancho de calzada sentido Sur - Norte | 7.6        |
| Parterre central                     | 1.0-1.9    |
| Ancho de carril sentido Norte - Sur  | 3.5        |
| Ancho de carril sentido Sur - Norte  | 3.8        |
| Ancho bordillo                       | 0.2        |
| Ancho total                          | 20.4       |

*Nota.* Anchos definitivos de la vía en estudio. Elaborado por: El autor.

**Figura 42**

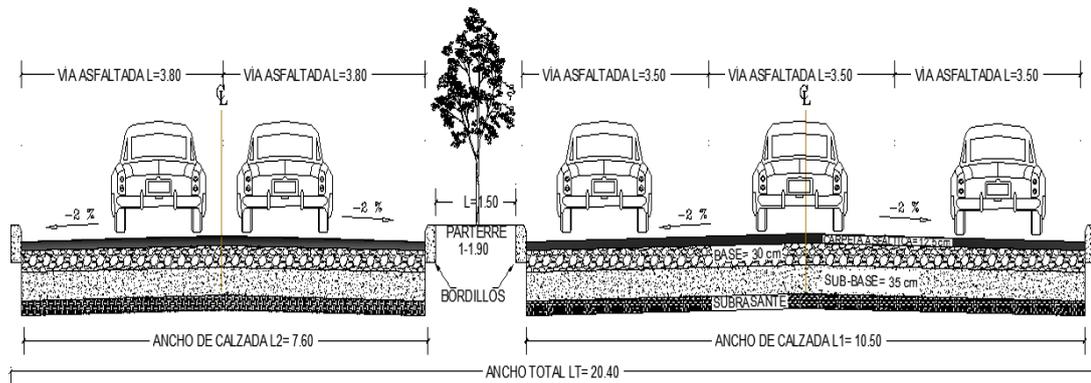
*Sección Típica del Proyecto Ampliación Sentido Norte - Sur*



*Nota.* Ampliación a 3 carriles, incluye parterre. Elaborado por: El autor.

**Figura 43**

*Sección Típica Total*



**Nota.** Secciones para ambos sentidos. Elaborado por: El autor.

De la figura presentada se aprecia el ancho total de la vía, es decir en el lado derecho tenemos el sentido de vía ampliada (entrada a la ciudad de Sangolquí), con tres carriles de 3.5 metros de ancho, de la misma forma la estructura de pavimento antes determinada, al mismo tiempo en el lado izquierdo se presenta el ancho de calzada total a la salida de la ciudad de Sangolquí, es decir en sentido Sur – Norte.

### 6.3.7. Tangentes

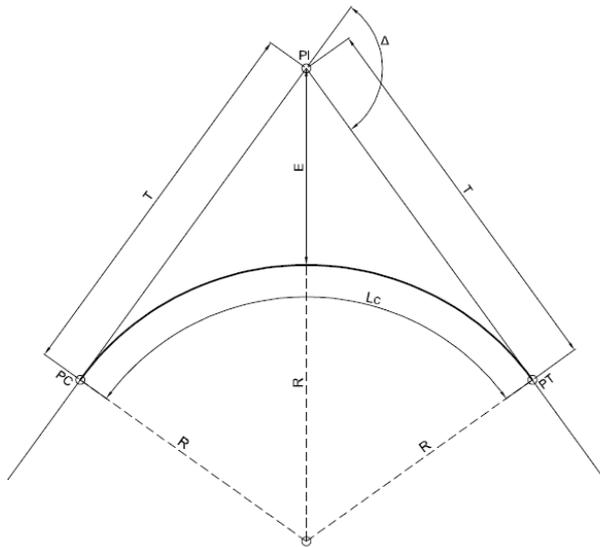
“Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se lo llama PI y al ángulo de definición, formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se lo denomina “ $\alpha$ ” (alfa).” (MTO, 2003, pág. 36).

### 6.3.8. Curvas circulares

“Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas y pueden ser simples o compuestas.” (MTO, 2003, pág. 37).

**Figura 44**

*Gráfica de los Elementos de una Curva Circular Simple*



**Nota.** Parámetros a determinar en el proyecto. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías, 2008.

### **6.3.8.1. Elementos de una curva circular simple**

P.C.: Punto de inicio de la curva

P.I.: Punto de Intersección de 2 Tangentes

P.T.: Punto de tangencia

E: Distancia a externa (m)

M: Distancia de la ordenada medía (m)

R: Longitud del radio de la curva (m)

T: Longitud de la sub-tangente (m)

L: Longitud de la curva (m)

L.C: Longitud de la cuerda (m)

$\Delta$ : Ángulo de deflexión ( $^{\circ}$ )

p: Peralte de la curva

Sa: Sobre ancho (m)

### 6.3.9. Resultados de las curvas del diseño horizontal del proyecto

**Tabla 82**

*Resultados de las Curvas del Diseño Horizontal del Proyecto 1 (Sentido Norte - Sur)*

| N° Curva | Dirección    | Delta  | Radio  | Longitud de sub tangente (T) | Longitud de curva (L) | Longitud de cuerda (LC) |
|----------|--------------|--------|--------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| C1       | S17° 55'33E" | 7° 48' | 555.48 | 37.85                        | 75.59                 | 75.53                   |
| C2       | S9° 17'22"E  | 9° 29' | 333.11 | 27.61                        | 55.09                 | 55.03                   |
| C3       | S9° 44'25"E  | 8° 35' | 590.57 | 44.28                        | 88.39                 | 88.30                   |

*Nota.* Parámetros determinados en el software Civil-3d. Elaborado por: El autor.

**Tabla 83**

*Resultados de las Curvas del Diseño Horizontal del Proyecto 2 (Sentido Norte - Sur)*

| N° Curva | External (E) | Distancia de la ordenada media (M) | PC       | PI       | PT       |
|----------|--------------|------------------------------------|----------|----------|----------|
| C1       | 1.29         | 1.29                               | 1+169.29 | 1+207.15 | 1+244.88 |
| C2       | 1.14         | 1.14                               | 1+101.45 | 1+129.06 | 1+156.54 |
| C3       | 1.66         | 1.65                               | 0+034.17 | 0+078.44 | 0+122.55 |

*Nota.* Parámetros determinados en el software Civil-3d. Elaborado por: El autor.

**Tabla 84**

*Resultados de las Curvas del Diseño Horizontal del Proyecto 1 (Sentido Sur - Norte)*

| N° Curva | Dirección    | Delta   | Radio  | Longitud de sub tangente (T) | Longitud de curva (L) | Longitud de cuerda (LC) |
|----------|--------------|---------|--------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| C1       | S13° 39'26E" | 11° 34' | 393.13 | 39.81                        | 79.35                 | 79.21                   |
| C2       | S9° 27'26"E  | 8° 41'  | 200.00 | 15.19                        | 30.31                 | 30.28                   |
| C3       | S16° 45'45"E | 5° 56'  | 200.00 | 10.35                        | 20.69                 | 20.68                   |
| C4       | S23° 17'26"E | 7° 08'  | 27.27  | 1.70                         | 3.39                  | 3.39                    |
| C5       | S16° 18'45"E | 32° 55' | 13.23  | 3.91                         | 7.60                  | 7.49                    |

*Nota.* Parámetros determinados en el software Civil-3d. Elaborado por: El autor.

**Tabla 85***Resultados de las Curvas del Diseño Horizontal del Proyecto 2 (Sentido Sur - Norte)*

| N°<br>Curva | External (E) | Distancia de<br>la ordenada<br>media (M) | PC       | PI       | PT       |
|-------------|--------------|--|----------|----------|----------|
| C1          | 2.01         | 2.00                                     | 0+002.46 | 0+042.27 | 0+081.81 |
| C2          | 0.58         | 0.57                                     | 1+117.72 | 1+132.91 | 1+148.04 |
| C3          | 0.27         | 0.27                                     | 1+190.29 | 1+200.65 | 1+210.98 |
| C4          | 0.05         | 0.05                                     | 1+230.79 | 1+232.49 | 1+234.18 |
| C5          | 0.57         | 0.054                                    | 1+242.31 | 1+246.22 | 1+249.91 |

*Nota.* Parámetros determinados en el software Civil-3d. Elaborado por: El autor.

#### 6.4. Alineamiento vertical

“El alineamiento vertical de una vía es la proyección del eje de esta sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido al paralelismo se muestra la longitud real de la vía a lo largo del eje. El eje en este alineamiento se llama Rasante o Sub-rasante dependiendo del nivel que se tenga en cuenta en el diseño.” (Agudelo, 2002, pág. 397).

##### 6.4.1. Gradientes

“En general, las gradientes a adoptarse dependen directamente de la topografía del terreno y deben tener valores bajos, en lo posible, a fin de permitir razonables velocidades de circulación y facilitar la operación de los vehículos.”(MTO, 2003, pág. 204).

##### 6.4.1.1. Gradiente máxima

Es la mayor pendiente que el proyecto puede permitir para la circulación del camión representativo, su estimación esta dado en función de la velocidad de diseño, el tipo de terreno y volumen de tránsito.

De acuerdo con la normativa (MTO, 2003), la gradiente máxima se la puede determinar por medio de la siguiente tabla:

**Tabla 86***Valores para Gradientes Máximas*

| Clase de Carretera     | VALORES DE DISEÑO DE LAS GRADIENTES<br>LONGITUDINALES MÁXIMAS (Porcentaje) |   |   |                |   |    |
|------------------------|--|---|---|----------------|---|----|
|                        | Valor recomendable   |   |   | Valor absoluto |   |    |
|                        | L  | O | M | L              | O | M  |
| R—Io R—II > 8.000 TPDA | 2  | 3 | 4 | 3              | 4 | 6  |
| I 3.000 a 8.000 TPDA   | 3  | 4 | 6 | 3              | 5 | 7  |
| II 1.000 a 3.000 TPDA  | 3  | 4 | 7 | 4              | 6 | 8  |
| III 300 a 1.000 TPDA   | 4  | 6 | 7 | 6              | 7 | 9  |
| IV 100 a 300 TPDA      | 5  | 6 | 8 | 6              | 8 | 12 |
| V Menos de 100 TPDA    | 5  | 6 | 8 | 6              | 8 | 14 |

**Nota.** Valores de gradientes máximas en función del tipo de carretera. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MTO, 2003, pág. 204).

De acuerdo con las gradientes máximas adoptadas, se tienen las siguientes recomendaciones para las longitudes máximas:

- 8 – 10%, La longitud máxima será de 1000 m.
- 10 – 12%, La longitud máxima será de 500 m.
- 12 - 14%, La longitud máxima será de 250 m.

“En longitudes cortas se puede aumentar la gradiente en 1 por ciento, en terrenos ondulados y montañosos, a fin de reducir los costos de construcción (Para las vías de 1º, 2º y 3º clase).” (MTO, 2003, pág. 205).

Por consiguiente, para este estudio se tiene que la gradiente longitudinal máxima es del 3 %.

#### **6.4.1.2. Gradiente mínima**

“La gradiente longitudinal mínima usual es de 0,5 por ciento. Se puede adoptar una gradiente de cero por ciento para el caso de rellenos de 1 metro de altura o más y cuando

el pavimento tiene una gradiente transversal adecuada para drenar lateralmente las aguas de lluvia." (MTOPI, 2003, pág. 205).

#### 6.4.2. *Curvas verticales cóncavas*

Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo. (MTOPI, 2003, pág. 211).

De acuerdo con la normativa MTOPI 2003, la longitud de la curva vertical cóncava se la puede determinar con la siguiente expresión:

$$L = K A$$

Dónde:

L = Longitud de curva vertical (m).

K = Coeficiente de carretera curvas cóncavas.

A = Diferencia Algebraica de pendientes (%).

Para establecer los valores del coeficiente de carretera en curvas cóncavas (K), se muestra la siguiente tabla relacionada con diferentes velocidades de diseño.

**Tabla 87**

*Valores de K para las Curvas Verticales Cóncavas*

| Velocidades<br>De Diseño | Distancia<br>de<br>visibilidad<br>parada (s)<br>metros | Coeficiente $K = S^2/426$ |            |
|--------------------------|--|---------------------------|------------|
|                          |  | Calculado                 | Redondeado |
| 20                       | 20   | 2.08                      | 2          |
| 25                       | 25   | 2.98                      | 3          |
| 30                       | 30   | 3.96                      | 4          |
| 35                       | 35   | 5.01                      | 5          |
| 40                       | 40   | 6.11                      | 6          |
| 45                       | 50   | 8.42                      | 8          |

|     |     |       |    |
|-----|-----|-------|----|
| 50  | 55  | 9.62  | 10 |
| 60  | 70  | 13.35 | 13 |
| 70  | 90  | 18.54 | 19 |
| 80  | 110 | 23.87 | 24 |
| 90  | 135 | 30.66 | 31 |
| 100 | 160 | 37.54 | 38 |
| 110 | 180 | 43.09 | 43 |
| 120 | 220 | 54.26 | 54 |

**Nota.** Coeficiente “K” en función de la velocidad de diseño. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MTOPI, 2003, pág. 212).

De la tabla indicada se establece que la longitud mínima de acuerdo con la velocidad de diseño de 95 km/h se obtiene un coeficiente de 34.5.

Por otro lado, la longitud mínima se la puede calcular por medio de la siguiente fórmula:

$$L_{min} = 0.60 Vd$$

Dónde:

L. min = Longitud mínima de curva vertical (m)

Vd = Velocidad de diseño (km/h)

Por lo tanto, al tener una velocidad de diseño de 95 km/h se obtiene una longitud mínima igual a 57m.

#### **6.4.3. Curvas verticales convexas**

La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo, considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros. (MTOPI, 2003, pág. 208).

La longitud se la puede determinar con la siguiente expresión:

$$L = K A$$

Dónde:

L = Longitud de curva vertical (m)

K = Coeficiente de carretera curvas convexas

A = Diferencia Algebraica de pendientes (%)

Para determinar el valor de (K), se presenta la siguiente tabla relacionada con diferentes velocidades de diseño.

**Tabla 88**

*Valores de K para las Curvas Verticales Convexas*

| Velocidades<br>De Diseño | Distancia<br>de<br>visibilidad<br>parada (s)<br>metros | Coeficiente $K=S^2/426$ |            |
|--------------------------|--|-------------------------|------------|
|                          |  | Calculado               | Redondeado |
| 20                       | 20   | 0.94                    | 1          |
| 25                       | 25   | 1.47                    | 2          |
| 30                       | 30   | 2.11                    | 2          |
| 35                       | 35   | 2.88                    | 3          |
| 40                       | 40   | 3.76                    | 4          |
| 45                       | 50   | 5.87                    | 6          |
| 50                       | 55   | 7.1                     | 7          |
| 60                       | 70   | 11.5                    | 12         |
| 70                       | 90   | 19.01                   | 19         |
| 80                       | 110  | 28.4                    | 28         |
| 90                       | 135  | 42.78                   | 43         |
| 100                      | 160  | 60.09                   | 60         |
| 110                      | 180  | 76.06                   | 80         |
| 120                      | 220  | 113.62                  | 115        |

**Nota.** Coeficiente “K” en función de la velocidad de diseño. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MTO, 2003, pág. 210).

Respecto a la longitud mínima se la obtuvo por medio de la siguiente fórmula:

$$L_{min} = 0.60 Vd$$

Dónde:

L. min = Longitud mínima de curva vertical (m)

Vd = Velocidad de diseño (km/h)

Por lo tanto, al tener una velocidad de diseño de 95 km/h se obtiene una longitud mínima igual a 57m.

#### 6.4.4. Resultados del diseño vertical

**Tabla 89**

*Resultados de Curvas Verticales Obtenidas del Diseño*

| Abscisa<br>PIV             | Elevación<br>PIV | Pendiente (%) |        | Longitud<br>de curva<br>vertical |
|----------------------------|------------------|---------------|--------|----------------------------------|
|                            |                  | Entrada       | Salida |                                  |
| <b>Sentido Norte - Sur</b> |                  |               |        |                                  |
| 0+985.18                   | 2493.00          | 1.31%         | 2.86%  | 150.00                           |
| 1+168.33                   | 2498.23          | 2.86%         | -1.72% | 150.00                           |
| <b>Sentido Sur - Norte</b> |                  |               |        |                                  |
| 1+008.01                   | 2493.17          | 1.27%         | 2.69%  | 100.68                           |
| 1+159.93                   | 2497.26          | 2.69%         | 0.30%  | 42.92                            |
| 1+226.08                   | 2497.45          | 0.30%         | -3.49% | 52.15                            |

**Nota.** Longitud de curvas verticales obtenidas en el software Civil-3D. Elaborado por:  
El autor.

Los planos de diseño vial se encuentran en los anexos correspondientes a este capítulo: ANEXOS CAPÍTULO 6: Diseño vial (planos), donde se muestra el diseño en planta y perfil, cuadro de curvas circulares, cuadro de simbología y la sección típica definitiva con sus respectivas medidas de diseño, además de presentar: Secciones Transversales de Diseño, en el cual se indican los cortes transversales a lo largo de la vía, mostrando la estructura de pavimento, además de áreas de cortes y relleno, se denotan cada 20 metros a lo largo de la vía en estudio.

#### 6.5. Taludes

El presente proyecto presenta un tipo de terreno plano, por lo tanto, el relleno y la excavación constituyen un porcentaje bajo respecto a los costos en la construcción. En cuanto a lo indicado se muestran valores de diseño recomendados de taludes para terrenos planos.

**Tabla 90***Valores Recomendados para el Diseño de Taludes en Terreno Planos*

| Clase de carretera     | Talud    |         |
|------------------------|----------|---------|
|                        | Corte    | Relleno |
| R-I o R-II > 8000 TPDA | 3:1 * ** | 4:1     |
| I 3000 a 8000 TPDA     | 3:1      | 4:1     |
| II 1000 a 3000 TPDA    | 2:1      | 3:1     |
| III 300 a 1000 TPDA    | 2:1      | 2:1     |
| IV 100 a 300 TPDA      | 1,8 -1:1 | 1,5-2:1 |
| V Menos de 100 TPDA    | 1,8-1:1  | 1,5-2:1 |

**Nota.** Relaciones para taludes en función de la clase de carretera. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MTO, 2003, pág. 235).

### 6.6. Volúmenes de corte y relleno

Existen varios métodos de cálculo, para establecer los volúmenes de corte y relleno, o conocido también como volúmenes de movimiento de tierra, para el presente proyecto se tomara en cuenta lo indicado por la normativa NEVI-12, la misma que manifiesta lo siguiente: “Todos los métodos de cubicación suponen que el terreno mantiene su configuración entre las secciones extremas consideradas, o que las variaciones que presenta son moderadas y se producen de manera uniforme, de allí que, en general, las secciones no deben distar más de 20 m.” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012, pág.331).

Por otro lado, se establece que este proyecto posee secciones homogéneas dado que presenta solo terraplén y no corte de taludes.

Respecto al cálculo se presenta la siguiente formula que sirve para secciones homogéneas, ya sea terraplén-terraplén o corte-corte.

$$V = \frac{S1 + S2}{2} * d$$

Donde:

S1 y S2 = Superficies comprendidas entre la línea de terreno y línea de proyecto para cada sección (m<sup>2</sup>).

d = Distancia entre secciones consideradas (m).

V = Volumen de corte o de relleno (m<sup>3</sup>).

Los valores de volúmenes de corte, relleno y curva de masas se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 91**

*Volúmenes de Corte y Relleno del Proyecto*

| Abcisa<br>(m) | Área<br>de<br>relleno<br>(m <sup>2</sup> ) | Área<br>de<br>corte<br>(m <sup>2</sup> ) | Volumen<br>de<br>relleno<br>(m <sup>3</sup> ) | Volumen<br>de<br>corte<br>(m <sup>3</sup> ) | Volumen<br>de relleno<br>acumulado<br>(B)<br>(m <sup>3</sup> ) | Volumen<br>de corte<br>acumulado<br>(A)<br>(m <sup>3</sup> ) | Curva<br>de<br>masas<br>(A-B)<br>(m <sup>3</sup> ) |
|---------------|--|--|---|---|--|--|--|
| 0+000.0       | 0,03                                       | 0,57                                     | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 0+020.0       | 0,67                                       | 0,42                                     | 5,58  | 9,81  | 5,58   | 9,81   | 4,23   |
| 0+040.0       | 0,41                                       | 0,60                                     | 10,72   | 10,17                                       | 16,30  | 19,98  | 3,68   |
| 0+060.0       | 0,21                                       | 0,54                                     | 6,11  | 11,45                                       | 22,41  | 31,43  | 9,02   |
| 0+080.0       | 0,02                                       | 0,88                                     | 1,89  | 14,12                                       | 24,30  | 45,55  | 21,25  |
| 0+100.0       | 0,00                                       | 1,53                                     | 0,17  | 23,86                                       | 24,47  | 69,41  | 44,94  |
| 0+120.0       | 0,03                                       | 0,82                                     | 0,27  | 23,10                                       | 24,74  | 92,51  | 67,77  |
| 0+140.0       | 0,01                                       | 1,23                                     | 0,33  | 20,33                                       | 25,07  | 112,84   | 87,77  |
| 0+160.0       | 0,04                                       | 0,39                                     | 0,44  | 15,37                                       | 25,51  | 128,21   | 102,70   |
| 0+180.0       | 0,31                                       | 0,06                                     | 3,10  | 3,98  | 28,61  | 132,19   | 103,58   |
| 0+200.0       | 0,19                                       | 0,13                                     | 4,88  | 1,85  | 33,49  | 134,04   | 100,55   |
| 0+220.0       | 0,16                                       | 0,18                                     | 3,49  | 3,05  | 36,98  | 137,09   | 100,11   |
| 0+240.0       | 0,15                                       | 0,23                                     | 3,18  | 4,04  | 40,16  | 141,13   | 100,97   |
| 0+260.0       | 0,30                                       | 0,31                                     | 4,49  | 5,37  | 44,65  | 146,50   | 101,85   |
| 0+280.0       | 0,03                                       | 0,50                                     | 2,82  | 8,05  | 47,47  | 154,55   | 107,08   |
| 0+300.0       | 0,17                                       | 0,28                                     | 1,81  | 7,75  | 49,28  | 162,30   | 113,02   |
| 0+320.0       | 0,47                                       | 0,30                                     | 6,24  | 5,78  | 55,52  | 168,08   | 112,56   |
| 0+340.0       | 0,15                                       | 0,43                                     | 5,93  | 7,26  | 61,45  | 175,34   | 113,89   |
| 0+360.0       | 0,05                                       | 0,40                                     | 1,93  | 8,39  | 63,38  | 183,73   | 120,35   |
| 0+380.0       | 0,02                                       | 0,47                                     | 0,73  | 8,75  | 64,11  | 192,48   | 128,37   |
| 0+400.0       | 0,04                                       | 0,39                                     | 0,66  | 8,56  | 64,77  | 201,04   | 136,27   |
| 0+420.0       | 0,09                                       | 0,28                                     | 1,30  | 6,67  | 66,07  | 207,71   | 141,64   |
| 0+440.0       | 0,08                                       | 0,30                                     | 1,70  | 5,80  | 67,77  | 213,51   | 145,74   |
| 0+460.0       | 0,02                                       | 0,61                                     | 0,90  | 8,86  | 68,67  | 222,37   | 153,70   |
| 0+480.0       | 0,00                                       | 1,01                                     | 0,16  | 16,02                                       | 68,83  | 238,39   | 169,56   |
| 0+500.0       | 0,00                                       | 0,85                                     | 0,05  | 18,64                                       | 68,88  | 257,03   | 188,15   |

|         |      |      |       |       |        |        |        |
|---------|------|------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 0+520.0 | 0,01 | 0,68 | 0,10  | 15,35 | 68,98  | 272,38 | 203,40 |
| 0+540.0 | 0,00 | 0,94 | 0,09  | 16,21 | 69,07  | 288,59 | 219,52 |
| 0+560.0 | 0,02 | 0,72 | 0,19  | 16,61 | 69,26  | 305,20 | 235,94 |
| 0+580.0 | 0,03 | 0,54 | 0,48  | 12,54 | 69,74  | 317,74 | 248,00 |
| 0+600.0 | 0,01 | 1,87 | 0,34  | 22,75 | 70,08  | 340,49 | 270,41 |
| 0+620.0 | 0,01 | 0,70 | 0,20  | 24,77 | 70,28  | 365,26 | 294,98 |
| 0+640.0 | 0,02 | 0,60 | 0,31  | 12,99 | 70,59  | 378,25 | 307,66 |
| 0+660.0 | 0,05 | 0,41 | 0,60  | 10,02 | 71,19  | 388,27 | 317,08 |
| 0+680.0 | 0,06 | 0,41 | 1,00  | 8,14  | 72,19  | 396,41 | 324,22 |
| 0+700.0 | 0,03 | 0,48 | 0,83  | 8,82  | 73,02  | 405,23 | 332,21 |
| 0+720.0 | 0,15 | 0,30 | 1,63  | 7,74  | 74,65  | 412,97 | 338,32 |
| 0+740.0 | 0,21 | 0,21 | 3,61  | 5,16  | 78,26  | 418,13 | 339,87 |
| 0+760.0 | 0,24 | 0,16 | 4,52  | 3,73  | 82,78  | 421,86 | 339,08 |
| 0+780.0 | 0,31 | 0,09 | 5,43  | 2,51  | 88,21  | 424,37 | 336,16 |
| 0+800.0 | 0,40 | 0,06 | 7,09  | 1,52  | 95,30  | 425,89 | 330,59 |
| 0+820.0 | 0,18 | 0,25 | 5,67  | 2,87  | 100,97 | 428,76 | 327,79 |
| 0+840.0 | 0,10 | 0,28 | 2,75  | 5,24  | 103,72 | 434,00 | 330,28 |
| 0+860.0 | 0,42 | 0,20 | 4,88  | 4,70  | 108,60 | 438,70 | 330,10 |
| 0+880.0 | 1,17 | 0,00 | 15,32 | 1,31  | 123,92 | 440,01 | 316,09 |
| 0+900.0 | 1,32 | 0,00 | 24,89 | 0,00  | 148,81 | 440,01 | 291,20 |
| 0+920.0 | 1,60 | 0,00 | 29,10 | 0,00  | 177,91 | 440,01 | 262,10 |
| 0+940.0 | 1,43 | 0,00 | 30,29 | 0,00  | 208,20 | 440,01 | 231,81 |
| 0+960.0 | 1,56 | 0,00 | 29,95 | 0,00  | 238,15 | 440,01 | 201,86 |
| 0+980.0 | 2,09 | 0,00 | 36,44 | 0,00  | 274,59 | 440,01 | 165,42 |
| 1+000.0 | 2,95 | 0,00 | 50,21 | 0,00  | 324,80 | 440,01 | 115,21 |
| 1+020.0 | 2,43 | 0,00 | 53,77 | 0,00  | 378,57 | 440,01 | 61,44  |
| 1+040.0 | 2,50 | 0,00 | 49,36 | 0,00  | 427,93 | 440,01 | 12,08  |
| 1+060.0 | 1,50 | 0,00 | 39,60 | 0,00  | 467,53 | 440,01 | -27,52 |
| 1+080.0 | 0,50 | 0,11 | 19,10 | 0,77  | 486,63 | 440,78 | -45,85 |
| 1+100.0 | 0,38 | 0,29 | 8,76  | 3,95  | 495,39 | 444,73 | -50,66 |
| 1+120.0 | 0,34 | 0,48 | 7,23  | 7,64  | 502,62 | 452,37 | -50,25 |
| 1+140.0 | 0,02 | 0,87 | 2,92  | 13,27 | 505,54 | 465,64 | -39,90 |
| 1+160.0 | 0,01 | 0,91 | 0,28  | 17,75 | 505,82 | 483,39 | -22,43 |
| 1+180.0 | 0,10 | 0,53 | 0,93  | 14,18 | 506,75 | 497,57 | -9,18  |
| 1+200.0 | 0,01 | 1,22 | 0,89  | 17,02 | 507,64 | 514,59 | 6,95   |
| 1+220.0 | 0,00 | 1,24 | 0,06  | 24,60 | 507,70 | 539,19 | 31,49  |
| 1+240.0 | 0,02 | 0,95 | 0,11  | 21,87 | 507,81 | 561,06 | 53,25  |
| 1+260.0 | 0,02 | 1,00 | 0,40  | 19,53 | 508,21 | 580,59 | 72,38  |
| 1+265.5 | 0,02 | 0,91 | 0,12  | 5,27  | 508,33 | 585,86 | 77,53  |

**Nota.** Valores de curva de masas obtenido en el software Civil-3D. Elaborado por: El autor.

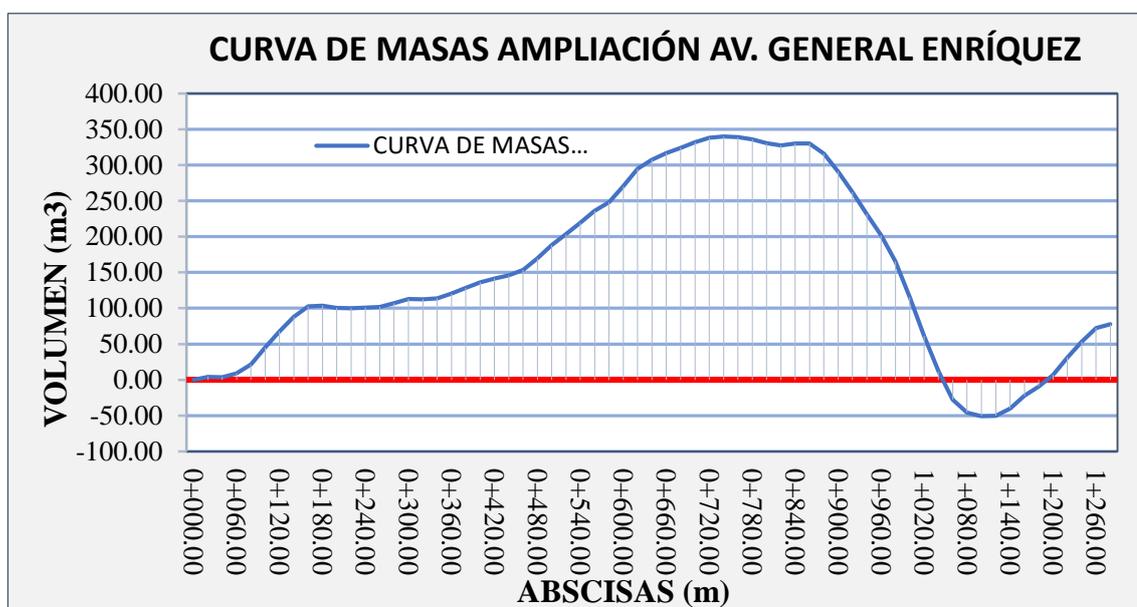
## 6.7. Curva de masas

La curva de masas es un diagrama representado en un plano cartesiano, donde en el eje de las abscisas corresponde a las progresivas, mientras que en el eje de las ordenadas va la diferencia entre los volúmenes acumulados de corte y los volúmenes acumulados de relleno.

En el presente proyecto se calculó los volúmenes cada 20 metros, a continuación, se muestra el diagrama de la curva de masas.

**Figura 45**

*Curva de Masas del Proyecto*

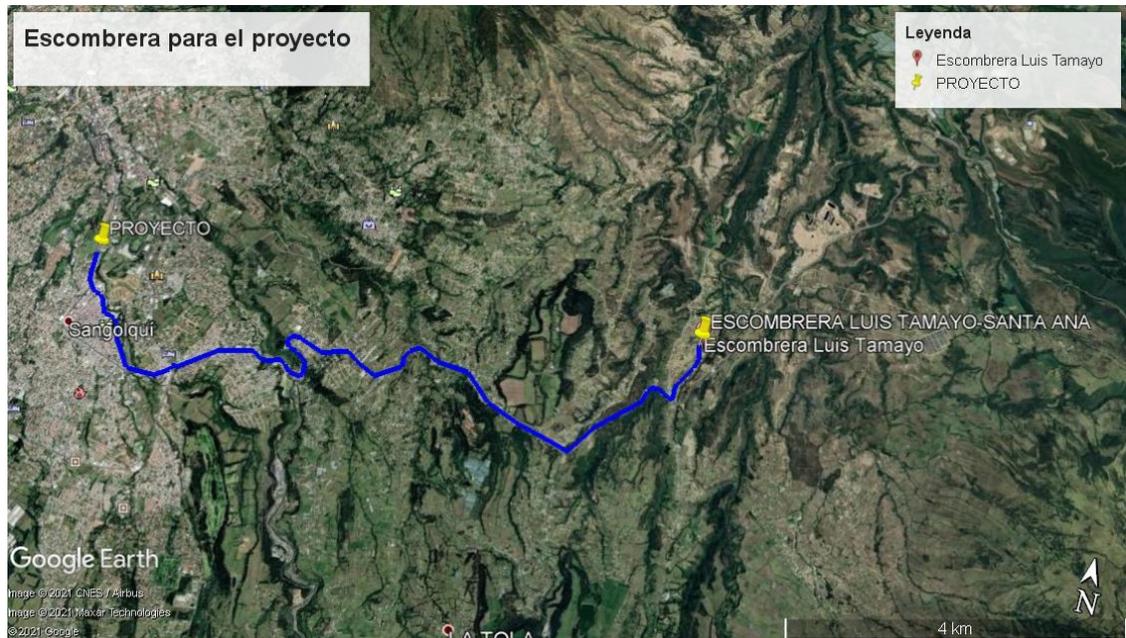


**Nota.** Volumen acumulado para cada progresiva. Elaborado por: El autor, a través del programa Excel 2016.

Del presente diagrama se aprecia que se tiene un volumen de corte de 77.53 m<sup>3</sup>, por lo tanto, se necesita deshacer este material, para lo cual se establece recurrir a un botadero, este sería la escombrera Luis Tamayo - Santa Ana, ubicada a 5 minutos del Relleno Sanitario de El Inga y a una distancia de 13.2 km respecto al centro de gravedad del proyecto, con capacidad suficiente para desalojar el volumen mencionado.

**Figura 46**

*Ubicación de Escombrera Para el Proyecto*



**Nota.** Trayectoria de la escombrera al proyecto. Elaborado por: El autor, a través de Google Earth Pro, 2020.

### **6.7.1. Distancia de acarreo gratis o libre**

“Es la máxima distancia a la que puede ser acarreado un material dentro del precio unitario pactado para la excavación.”(Grisales, 2013, pág. 474). Por lo general la distancia acordada para el acarreo libre (DAL) es de 150 metros.

### **6.7.2. Distancia de sobre-acarreo**

“Si hay que transportar el material a una distancia mayor, el acarreo extra se llama sobre-acarreo, el cual se debe pagar adicionalmente al contratista a un determinado precio unitario.” (Grisales, 2013, pag. 474).

## CAPÍTULO VII

### 7. DISEÑO HIDRÁULICO

#### 7.1. Alcance

El presente proyecto en estudio tiene la finalidad de diagnosticar las obras de drenaje que están en funcionamiento actualmente, además de rediseñar y elegir la mejor alternativa de diseño.

El estudio hidrológico es fundamental para establecer caudales de diseño y posterior dimensionar obras de drenaje que presenten seguridad, funcionalidad y que sea económico.

Técnicamente se debe lograr que el agua evacue de manera rápida, escurriéndose por la carpeta asfáltica.

De acuerdo a la ubicación geográfica y de las estaciones hidrológicas se establecen las precipitaciones que servirán para conocer los parámetros de intensidad y frecuencia con los cuales se realizará el diseño de las obras de drenaje.

Al considerarse como una vía en terraplén por no contar con laderas que aporten caudal, para el diseño de las obras de drenaje se tomará en cuenta el área de aporte de la calzada, el parterre y aceras.

En la actualidad se tienen sumideros simples de rejilla, por lo cual, se rediseñarán, reubicarán e implementarán sumideros en ambos sentidos de la vía, teniendo en cuenta que cumplan con criterios de diseño como velocidades admisibles, caudales de intercepción mayores al caudal captado, entre otros.

Se analizará el estado actual del sistema de agua potable que va paralelo a la avenida General Enríquez, tramo C.C River Mall – Academia de Guerra, para finalizar concluyendo el posible cambio de la tubería matriz y sus respectivas conexiones domiciliarias, de acuerdo a las condiciones actuales en la que se encuentra.

## 7.2. Información básica para el diseño

- Topografía de la vía en estudio.
- Precipitaciones de la estación meteorológica M0113 Uyumbicho.
- Normativas para el diseño (MTOPI 2003).
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)
- Coeficientes de escorrentía.
- Mapas de zonificación respecto a las intensidades de precipitación.

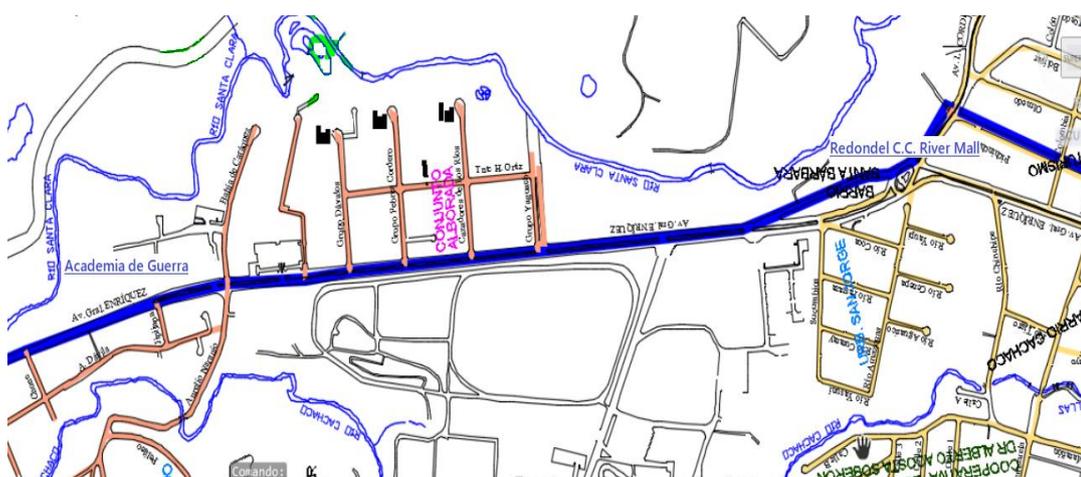
## 7.3. Estado actual de redes del sistema de agua potable

La avenida General Enríquez tramo C.C River Mall – Academia de Guerra dispone de servicios básicos en la actualidad entre los cuales está instalada hace más de 40 años la red de distribución de agua potable con tubería de hierro y sus respectivas conexiones domiciliarias sumamente antiguas.

A continuación, se presenta un esquema de por donde pasa la red de distribución de agua potable.

**Figura 47**

*Red de Distribución de Agua Potable Tramo de Estudio*



**Nota.** Trayectoria del sistema de agua potable, en el área de estudio. Fuente:

Departamento de agua potable y alcantarillado (GADMUR).

### **7.3.1. Descripción de parámetros técnicos**

Actualmente en la Av. Gral. Enríquez se encuentra instalada desde hace más de 40 años tubería de hierro para el agua potable, dicho abastecimiento se realiza desde el tanque de reserva de Orejuela (ubicado en el sector de la Hcda. Orejuela por el Sector de la Urb. Banco de Fomento). El tanque de reserva tiene una capacidad de 540 m<sup>3</sup> con un caudal de 25 l/s.

Desde la calle Pichincha y Av. Luis Cordero hacia la Academia de Guerra es tubería de hierro de 250mm y se reduce a 160mm, hay otra red de distribución de 63mm de PVC E/C que se encuentra instalada en la vereda (tramo frente policlínico San Jorge hasta la Av. Yaguachi) y se producen fugas constantes en la tubería matriz como en las conexiones domiciliarias.

Adicional desde el redondel del C.C. River Mall está instalada la tubería por el lado derecho y luego cruza la Av. Gral. Enríquez hacia la mitad de los 2 carriles (centro del parterre) a una profundidad de 1.20 m.

### **7.4.Obras de drenaje**

En una carretera es primordial contar con obras de drenaje ya que contribuyen a canalizar y eliminar las aguas superficiales, de lo contrario causarían graves daños.

En cuanto se refiere a redes de alcantarillado, la información proporcionada por el departamento de agua potable y alcantarillado del GADMUR aclara que no existen redes de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado, únicamente existen sumideros de aguas lluvias que se empatan a las redes combinadas de la Urbanización Yaguachi.

Por otro lado, se debe considerar obras de drenaje complementarias como las rampas de descarga, sembrado de especies vegetales, bombeo y canales interceptores. Estas “son obras que deben hacerse solamente en el lugar en que se requieran, pues de

otra manera se derrocharían y se producirían, inclusive, resultados contra productores.” (MTOP, 2003, pág.269).

Al ser esencial el sistema de drenaje vial se debe cumplir con cuatro funciones de acuerdo a lo manifestado por la normativa (MTOP, 2003).

- Desalojar rápidamente el agua de lluvia que cae sobre la calzada.
- Controlar el nivel freático.
- Interceptar al agua que superficial o subterráneamente escurre hacia la carretera.
- Conducir de forma controlada el agua que cruza la vía.

Las tres primeras funciones tienen relación con drenajes longitudinales, para nuestro estudio tendríamos bordillos y subdrenes.

### **7.5. Drenaje longitudinal**

“El drenaje longitudinal comprende las obras de captación y defensa, cuya ubicación será necesarios establecer, calculando el área hidráulica requerida, sección, longitud, pendiente y nivelación del fondo, y seleccionando el tipo de proyecto constructivo.”(MTOP, 2003, pág. 254).

Para este estudio, al ser una zona urbana se considerará principalmente sumideros y colectores, que capturen el agua que se escurre por la vía para descargarla a la red de alcantarillado.

### **7.6. Drenaje transversal**

“El diseño del sistema de drenaje transversal menor de una carretera se realizará tomando en cuenta, para su solución, dos pasos básicos: el análisis hidrológico de la zona por drenar y el diseño hidráulico de las estructuras.” (MTOP, 2003, pág. 285).

### **7.7. Dimensionamiento de las obras de drenaje**

Un buen dimensionamiento de las obras de drenaje es de vital relevancia para el mantenimiento y correcto funcionamiento de la estructural del pavimento ya que debe

cumplir su periodo de diseño establecido, para lo cual se debe tomar en cuenta parámetros como el bombeo, la conducción, la descarga, entre otros.

### **7.7.1. Intensidad de precipitación para un periodo de retorno**

El proyecto en estudio al estar ubicado en una zona urbana se debe establecer un evento de diseño, en cual intervengan la intensidad, duración y frecuencia adecuados para cada obra de drenaje.

Las curvas de intensidad, duración y frecuencia (I-D-F), información pluviométrica las podemos encontrar para nuestro país en un estudio de lluvias intensas presentadas por el INAMHI, donde se indican las siguientes ecuaciones:

$$I_{TR} = \frac{K * Id_{TR}}{t^n} \quad ; \quad TR = \frac{n + 1}{m}$$

Donde:

$I_{TR}$  = Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno (mm/h).

$Id_{TR}$  = Intensidad diaria para un periodo de retorno dado (mm/h).

TR = Periodo de retorno en años.

K, m y n = Constantes de ajustes determinados por mínimos cuadrados.

#### **7.7.1.1. Periodo de retorno**

El número de años que en promedio se presenta un evento determinado de igual o mayor intensidad se llama periodo de retorno, intervalo de recurrencia o simplemente frecuencia. (INAMHI, 2015, pág. 8).

Para el periodo de retorno se debe tomar en cuenta la seguridad, costo al cual este destinado la estructura vial y la posibilidad de excedencia de un evento.

Se presenta la siguiente tabla para determinar el periodo de retorno de acuerdo a la normativa NEVI 12.

**Tabla 92***Periodo de Retorno de Acuerdo con la Normativa NEVI 12*

| Tipo de obra  | Tipo de vía | Periodo de retorno (T, años) |              | Vida útil supuesta (n, años) | Riesgo de falla (%) |              |
|---|-------------|------------------------------|--------------|------------------------------|---------------------|--------------|
|   |             | Diseño                       | Verificación |                              | Diseño              | Verificación |
| Puentes y viaductos   | Carreteras  | 200                          | 300          | 50                           | 22                  | 15           |
|   | Caminos     | 100                          | 150          | 50                           | 40                  | 28           |
| Alcantarillas (S>2 m2) ó H terraplén ≥ 10m y estructuras enterradas | Carreteras  | 100                          | 150          | 50                           | 40                  | 28           |
|   | Caminos     | 50                           | 100          | 30                           | 45                  | 26           |
| Alcantarillas S<2m2   | Carreteras  | 50                           | 100          | 50                           | 64                  | 40           |
|   | Caminos     | 25                           | 50           | 30                           | 71                  | 45           |
| Drenaje de la plataforma  | Carreteras  | 10                           | 25           | 10                           | 65                  | 34           |
|   | Caminos     | 5                            | 10           | 5                            | 67                  | 41           |
| Defensas de riberas   | Carreteras  | 100                          | ---          | 20                           | 18                  | ---          |
|   | Caminos     | 100                          | ---          | 20                           | 18                  | ---          |

*Nota.* Se adopta como tipo de obra un drenaje de la plataforma, por lo cual le corresponde un periodo de retorno de 10 años, para carreteras. Fuente: NEVI-12.

Por otro lado, se considera prudente manejar la siguiente tabla dispuesta por la EMAAP para determinar el periodo de retorno.

**Tabla 93***Periodo de Retorno de Acuerdo con la Normativa EMAAP*

| Tipo de obra  | Tipo de ocupación del área de influencia de la obra | Tr (años) |
|---------------|---|-----------|
| Micro drenaje | Residencial   | 5         |
| Micro drenaje | Comercial   | 5         |
| Micro drenaje | Área con edificios de servicio público              | 5         |
| Micro drenaje | Aeropuertos   | 10        |
| Micro drenaje | Áreas comerciales y vías de tránsito intenso        | 10-25     |
| Micro drenaje | Áreas comerciales y residenciales                   | 25        |
| Micro drenaje | Áreas de importancia específica.                    | 50-100    |

*Nota.* Corresponde a el apartado de áreas comerciales y vías de transito intenso, por lo cual se adopta un periodo de retorno de 10 años. Fuente: (NDA-EMAAP-Q, 2009)

### 7.7.1.2. Tiempo de concentración

“La duración de la tormenta es el tiempo que transcurre desde que inicia la precipitación hasta que ésta cesa. Se considera a la duración de la lluvia de diseño igual al tiempo de concentración del área en estudio.” (INAMHI, 2015, pág. 8). También se lo puede definir como el tiempo que se demora una gota de agua desde el punto as alejado de la cuenca hasta llegar al punto de descarga.

El tiempo de concentración se lo puede calcular por medio de ecuaciones empíricas, un claro ejemplo es la ecuación de Kirpich.

$$tc = 0.0195 \left( \frac{Lr^3}{\Delta H} \right)^{0.385}$$

Donde:

tc: Tiempo de concentración (min)

Lr: Longitud del cauce principal (m)

$\Delta H$ : Diferencia de elevación (m)

Para el presente estudio se tomará un tiempo de concentración de 10 minutos, este valor es el mínimo recomendado para ser utilizado en carreteras.

### 7.7.1.3. Intensidad de lluvia (curvas IDF)

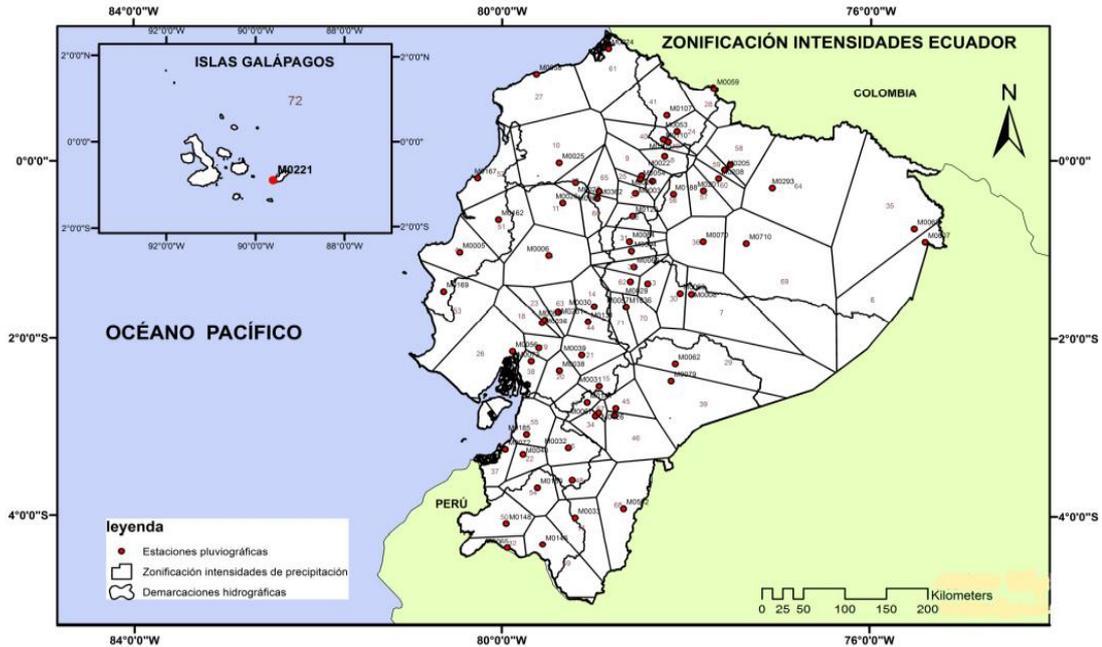
“Definimos a la intensidad como la cantidad de agua de lluvia que cae en un punto, por unidad de tiempo y ésta es inversamente proporcional a la duración de la tormenta.” (INAMHI, 2015, pág. 8). Dicha intensidad puede ser instantánea o promedio, pero comúnmente se emplea la intensidad promedio.

Para el presente estudio la intensidad de lluvias se la estableció de acuerdo a la bibliografía seleccionada, que brinda información sobre los estudios de lluvias intensas realizados en el año 2015, y en sitios estratégicos, por lo cual se optó por utilizar la

estación M0113 Uyumbicho, ubicada en la zona 2, que tiene como coordenadas 775216E; 9956670N y se encuentra a 15 km aproximadamente del proyecto en estudio.

**Figura 48**

*Mapa de Intensidades Máximas en 24 Horas Para Diferentes Periodos de Retorno*



**Nota.** Mapa del Ecuador zonificado de acuerdo a sus intensidades. Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2015, pág. 192).

De acuerdo con la estación optada M0113 Uyumbicho, ubicada en la zona 2, presenta ecuaciones de intensidades a diferentes tiempos de concentración como se indica a continuación.

**Tabla 94**

*Ecuaciones Representativas Correspondiente a la Estación M0113 Uyumbicho*

| Zona | Código | Nombre estación | Duración             | Ecuación  |
|------|--------|-----------------|----------------------|---|
| 2    | M0113  | Uyumbicho       | 5 Min < 42.99 Min    | $I_{TR} = 104.44 * Id_{TR} * t^{-0.434} R^2 = 0.984$  |
|      |        |                 | 42.99 Min < 1440 Min | $I_{TR} = 514.56 * Id_{TR} * t^{-0.858} R^2 = 0.9992$ |

**Nota.** Se usó la primera ecuación con un valor “t” de 10 Min. Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2015, pág. 202).

Donde:

$I_{TR}$  = Intensidad de precipitación (mm/hora).

$Id_{TR}$  = Intensidad de lluvia máxima para una duración de tormenta de 24 horas con periodo de retorno asociado (mm/hora).

t: Duración de la intensidad, igual al tiempo de concentración (min).

Ahora bien, para determinar el parámetro del  $Id_{TR}$ , se debe tener en cuenta el periodo de retorno que para este estudio se optó por 10 años, y de esta forma obtener dicho valor por medio de la siguiente tabla:

**Tabla 95**

*Intensidades Máximas en 24 Horas para Varios Periodos de Retorno de la Estación M0113 Uyumbicho*

| Código | Estación  | Serie de datos | TR<br>2 | TR<br>5 | TR<br>10 | TR<br>25 | TR<br>50 | TR<br>100 | Prueba de bondad de ajuste |         |
|--------|-----------|----------------|---------|---------|----------|----------|----------|-----------|----------------------------|---------|
|        |           |                |         |         |          |          |          |           | $A^2$                      | $Chi^2$ |
| M0113  | Uyumbicho | 1964-2011      | 1.62    | 2.32    | 2.78     | 3.37     | 3.8      | 4.23      |                            | *       |

**Nota.** Se obtiene un valor de  $Id_{TR}$  igual a 2.78 Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2015, pág. 160).

Por tanto, calculamos la intensidad máxima en 24 horas, para un periodo de retorno de 10 años ubicado en la zona 2, conociendo el valor de los siguientes parámetros:

$$Id_{TR} = 2.78$$

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

Por lo cual de acuerdo a la ecuación adoptada tenemos:

$$I_{TR} = 104.44 * Id_{TR} * t^{-0.434}$$

$$I_{TR} = 104.44 * 2.78 * 10^{-0.434}$$

$$I_{TR} = 106.88 \text{ mm/h}$$

### 7.7.2. Coeficiente de escorrentía (C)

Es un valor adimensional que “se puede definir como la relación entre el volumen de escorrentía superficial, VE, y el volumen de precipitación total, Vp, ambos expresados en m<sup>3</sup>”. (Manual de drenaje para carreteras INVIAS, 2009, pág. 2-36).

“El coeficiente de escorrentía (C) es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y de otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía.”(FONADE, 2013, pág. 15).

El coeficiente de escorrentía se lo puede determinar por medio de la siguiente tabla para zonas urbanas.

**Tabla 96**

*Coefficientes de Escorrentía para un Área Urbana*

| Descripción del área         | Coefficiente de escorrentía |
|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Negocios</b>              | ---                         |
| Centro                       | 0.7 a 0.95                  |
| Barrios                      | 0.5 a 0.75                  |
| <b>Residencial</b>           | ---                         |
| Unifamiliar                  | 0.30 a 0.60                 |
| Multi-unidades,<br>contiguas | 0.40 a 0.75                 |
| Departamentos                | 0.60 a 0.85                 |
| <b>Industrias</b>            | ---                         |
| Livianas                     | 0.50 a 0.80                 |
| Pesadas                      | 0.60 a 0.90                 |
| Sin mejoras                  | 0.10 a 0.30                 |

*Nota.* Se elige negocio-centro. Adoptando un coeficiente de escorrentía (C) igual a 0.8.

Fuente: (NDA-EMAAP-Q, 2009, pág. 80).

**Tabla 97***Coefficientes de Escorrentía Según las Características de la Superficie*

| Descripción del área   | Período de retorno (años) |      |      |
|--|---------------------------|------|------|
|  | 2                         | 5    | 10   |
| Asfáltico  | 0.73                      | 0.77 | 0.81 |
| Concreto/techo   | 0.75                      | 0.8  | 0.83 |
| Zonas verdes (jardines, parques, etc.) cubierta de pasto al 50% del área)        |                           |      |      |
| Plano 0-2 %  | 0.32                      | 0.34 | 0.37 |
| Promedio 2-7%  | 0.37                      | 0.4  | 0.43 |
| Pendiente superior a 7%  | 0.4                       | 0.43 | 0.45 |
| Zonas verdes (jardines, parques, etc.) cubierta de pasto al 50% al 75% del área) |                           |      |      |
| Plano 0-2 %  | 0.25                      | 0.28 | 0.3  |
| Promedio 2-7%  | 0.33                      | 0.36 | 0.38 |
| Pendiente superior a 7%  | 0.37                      | 0.4  | 0.42 |
| Zonas verdes (jardines, parques, etc.) cubierta de pasto mayor al 75% del área)  |                           |      |      |
| Plano 0-2 %  | 0.21                      | 0.23 | 0.25 |
| Promedio 2-7%  | 0.29                      | 0.32 | 0.35 |
| Pendiente superior a 7%  | 0.34                      | 0.37 | 0.4  |
| Área de cultivos   |                           |      |      |
| Plano 0-2 %  | 0.31                      | 0.34 | 0.36 |
| Promedio 2-7%  | 0.35                      | 0.36 | 0.38 |
| Pendiente superior a 7%  | 0.39                      | 0.42 | 0.44 |
| Pastizales   |                           |      |      |
| Plano 0-2 %  | 0.25                      | 0.28 | 0.3  |
| Promedio 2-7%  | 0.33                      | 0.36 | 0.38 |
| Pendiente superior a 7%  | 0.37                      | 0.4  | 0.42 |
| Bosques  |                           |      |      |
| Plano 0-2 %  | 0.22                      | 0.25 | 0.28 |
| Promedio 2-7%  | 0.31                      | 0.34 | 0.36 |
| Pendiente superior a 7%  | 0.35                      | 0.39 | 0.41 |

**Nota.** Se elige: asfáltico, concreto y zonas verdes mayor al 75% del área, pendientes 0% - 2%. Fuente: (NDA-EMAAP-Q, 2009, pág. 81).

De estas dos últimas tablas presentadas, adoptaremos los siguientes coeficientes de escorrentía (C).

- (C) para asfalto (vía) = 0.81
- (C) para hormigón (aceras) = 0.83

- (C) para zonas verdes cubierta de pasto mayor al 75% del área, con pendientes entre el 0% y 2% (parterre) = 0.25

### 7.7.3. Áreas de aportación

Las áreas que aportarán a la determinación del caudal de diseño son las tres siguientes:

Área vía =  $0.011865 \text{ km}^2$

Área acera =  $0.004758 \text{ km}^2$

Área parterre =  $0.0014125 \text{ km}^2$

Estos valores de área representan los totales para la vía, acera y parterre, utilizados como ejemplo de cálculo para continuar indicando el proceso que lleva a determinar el caudal de diseño y posterior caudal interceptado por el sumidero.

### 7.7.4. Caudal de diseño

#### 7.7.4.1. Método racional

“Para cuencas de tamaños menores (hasta 200 ha) y de características hidrológicas-hidráulicas simples, es decir sin elementos de detención o retardos, se podrá aplicar el Método Racional.” (NDA-EMAAP-Q, 2009, pág. 78).

La ecuación para determinar el caudal máximo, mediante el método racional se indica a continuación:

$$Q = 0.278xCIA$$

Donde:

Q= Caudal ( $m^3/s$ ).

C= Coeficiente de escorrentía.

I= Intensidad de precipitación (mm/h).

A= Área de la cuenca ( $km^2$ ).

En consecuencia, se presenta como ejemplo el cálculo para determinar el caudal de diseño por el método racional.

$$Q = 0.278xCIA$$

$$Q = 0.278x(0.81 \times 0.011865 \text{ km}^2 + 0.83 \times 0.004758 \text{ km}^2 + 0.25 \times 0.0014125 \text{ km}^2) \times 106.88 \text{ mm/h}$$

$$Q = 0.4134 \text{ m}^3/\text{s} \approx 413.4 \text{ l/s}$$

#### **7.7.5. Diseño de sumideros**

Es una obra de drenaje que posee la capacidad de interceptar el caudal pluvial que por lo general transporta las cunetas hasta llevarlo a un sistema de drenaje.

Al estar ubicado nuestro proyecto en una zona urbana, lo óptimo es realizar el diseño de sumideros, los mismos que captarán el agua que se escurrirá por la vía asfaltada, acera y parterre, para posterior canalizar a pozos construidos exclusivamente para recolectar el caudal captado por los sumideros, y finalmente ser descargado a las redes combinadas de la urbanización Yaguachi.

##### **7.7.5.1. Tipos de sumideros**

Para elegir un sumidero se debe tener en cuentas las características topográficas, la importancia de la vía y el grado de eficiencia del sumidero.

La capacidad de los sumideros depende de su tamaño, su sección libre de pasaje, pendiente longitudinal, pendiente transversal, la rugosidad de la vía y la profundidad de depresión.

**Tabla 98***Tipos de Sumideros*

|   |  |
|---|--|
| <b>Sumideros de acuerdo a la estructura de entrada</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enrejado en calzada</li> <li>• Simples laterales o de ventana.</li> <li>• Combinados o mixtos</li> <li>• Especiales</li> <li>• Enrejado en cunetas</li> </ul> |
| <b>Sumideros de acuerdo a la localización a lo largo de las cunetas</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intermedios</li> <li>• De cruces o boca calles</li> <li>• De puntos bajos</li> </ul>  |
| <b>Sumideros de acuerdo al funcionamiento</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Libres</li> <li>• Ahogados o Saturados</li> </ul>   |

*Nota.* Los tipos de sumideros considerados fueron de acuerdo a la estructura de entrada.

Fuente: (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 202).

#### **7.7.5.2. Elección del tipo de sumideros**

“La elección del tipo del sumidero colector es de esencial importancia para la eficiencia del drenaje de las aguas de superficie.” (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 205).

Para una adecuada elección se debe examinar parámetros como puntos de localización, pendiente transversal, pendiente longitudinal, caudal de diseño, tráfico vehicular y posibles obstrucciones.

En el presente estudio se optó por sumideros laterales o de ventana de acuerdo a las situaciones que presenta la vía es la que mejor se adapta al proyecto. A continuación, se indica las características de este tipo de sumidero de acuerdo a lo reflejado en el reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros (RTDCS-BOLIVIA, 2007).

- Puntos intermediarios en cunetas con pequeña pendiente longitudinal ( $I \leq 5\%$ ).
- Presencia de materiales obstructivos en las cunetas.
- Calles de tráfico intenso y rápido.
- Aguas arriba de los cruces.

### 7.7.5.3. Descripción del sumidero elegido (sumidero de ventana)

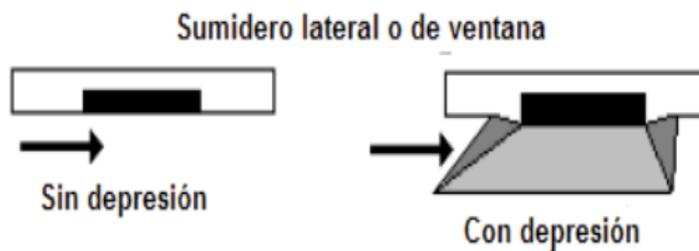
“Consisten en una abertura en el bordillo o cordón de acera a manera de ventana lateral que permite la captación de agua que fluye por la cuneta.”(RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 202).

Una de las ventajas es que no interrumpe en el tránsito, mientras que una desventaja es la facilidad de captar desperdicios y sedimentos que se podría solucionar instalando rejillas en la ventana.

“Su longitud mínima es de 1,5 m, con una depresión mínima de 2,5 cm, con una pendiente hasta de 8 %. No es recomendable su uso en calles con pendientes longitudinales mayores al 3 %”. (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 202).

#### Figura 49

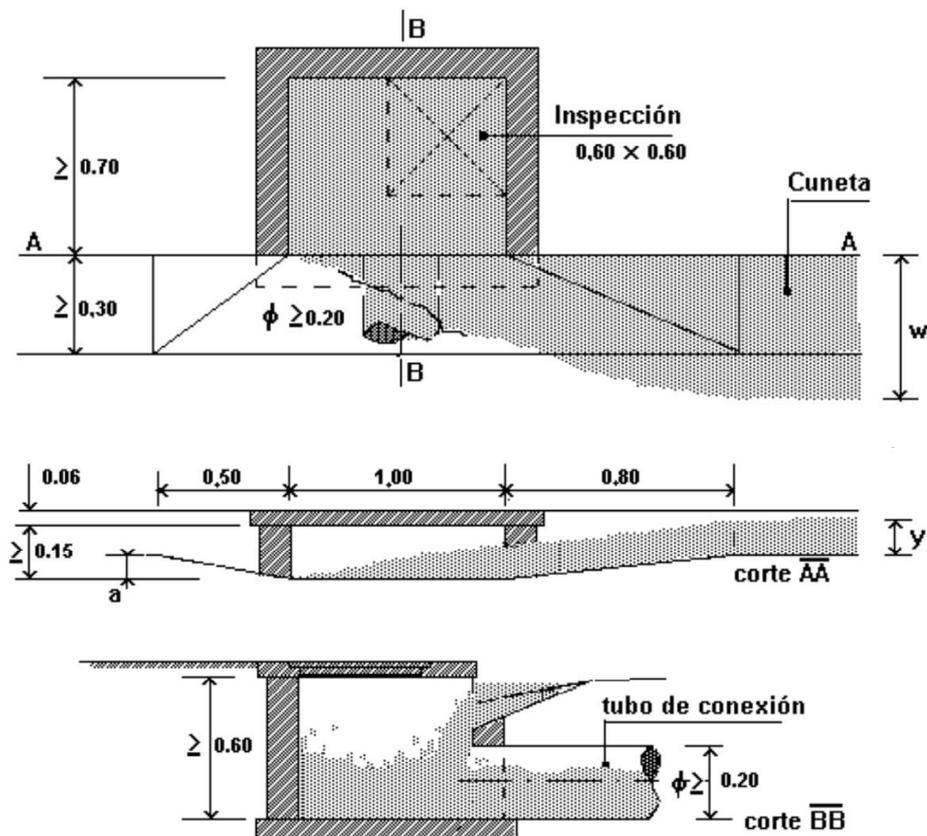
*Sumidero Lateral o de Ventana*



**Nota.** Sumidero con depresión y sin depresión. Fuente: Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 203).

**Figura 50**

*Sumidero Lateral o de Ventana Vista en Planta y en Cortes*



*Nota.* Dimensionamiento regular de sumidero lateral de ventana. Fuente: Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 203).

#### **7.7.5.4. Ubicación y espaciamiento de sumideros**

Actualmente la vía cuenta con 39 sumideros en toda la extensión de estudio. En ambos sentidos de circulación vehicular se analizará la reubicación e implementación de sumideros siempre y cuando cumplan los criterios y condiciones de diseño, el sumidero elegido se da a conocer en el apartado 7.6.5.3. En los anexos correspondientes a este capítulo, se indicará por medio de un plano la reubicación e implementación de nuevos sumideros, además de representar la dirección del flujo, incluir su respectiva leyenda y gráficos que representen el diseño del sumidero incluyendo cortes y vista en planta.

Se debe tener en cuenta la topografía, pendientes longitudinales de la vía, para conseguir una evaluación de la cantidad de sumideros, además está sujeto a la magnitud del caudal y al tráfico vehicular

#### **7.7.5.4.1. Criterios**

Para su ubicación se debe considerar lo siguiente de acuerdo a la normativa (RTDCS-BOLIVIA, 2007):

Ubicar en sitios donde se reduzca la pendiente longitudinal.

Ubicar en puntos bajos y depresiones de las calzadas.

Ubicar en cruces de calles apartados.

Ubicar antes de puentes y terraplenes.

Ubicar antes de cruces de calles y pasos peatonales.

No ubicar en sitios donde pueda existir obstrucción a otros servicios públicos.

#### **7.7.5.4.2. Espaciamiento**

Está sujeto al área de drenaje y a la magnitud del caudal, este último debe ser estimado entre el 90 y 95% a ser interceptado por esta obra de drenaje.

Como referencia se puede utilizar la siguiente tabla:

**Tabla 99**

*Espaciamiento de Sumideros.*

| <b>Pendiente (%)</b> | <b>Espaciamiento (m)</b> |
|----------------------|--------------------------|
| Menor a 0.4%         | 50                       |
| 0.4 a 0.6            | 60                       |
| 0.6 a 1.0            | 70                       |
| 1.0 a 3.0            | 80                       |

**Nota.** Vías con ancho mayor a 20m, pendientes altas se recomienda un espaciamiento de 50 m. Fuente:(RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 207).

Se utilizará para nuestro estudio el espaciamiento cada 80 metros, pero también se tomará en cuenta lo indicado en el apartado 7.6.5.4.2, específicamente lo que se refiere

a ubicarlos antes de cruces de calles, debido a que en el presente proyecto se tiene 7 cruces, por lo que pierde continuidad el parterre.

#### **7.7.5.5. Diseño de sumidero lateral o de ventana**

Para su diseño se recomienda hacerlo con depresión como se indica en el apartado 7.7.5.3, figura N° 49 “Se utilizan como elementos de captación del escurrimiento pluvial en vías confinadas por cordones de acera”. (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 208). Obteniendo un caudal por metro lineal, con cierta depresión apropiada.

La abertura debe ser de longitud mayor a 0.6 metros y menor a 1.5 metros. (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 208).

##### **7.7.5.5.1. Variables y condiciones a cumplirse en el diseño**

- **Coefficiente de rugosidad de Manning**

**Tabla 100**

*Coefficientes de Rugosidad de Manning Según el Tipo de Superficie*

| <b>Tipo de superficie</b>  | <b>"n"</b> |
|--|------------|
| Cuneta de hormigón con buen acabado  | 0.012      |
| Revestimiento de asfalto con textura lisa  | 0.013      |
| Revestimiento de asfalto con textura áspera  | 0.016      |
| Revestimiento con lechada de cemento   |            |
| a) Acabado con frotachado  | 0.014      |
| b) Acabado manual alisado  | 0.016      |
| c) Acabado manual áspero   | 0.02       |
| Revestimiento con adoquines  | 0.02       |
| Cunetas con pequeñas pendientes longitudinales (hasta 2%) sujetas a la acumulación de sedimentos, los valores "n" indicados deben ser incrementados en +0.002 a 0.005. | n          |

**Nota.** “n” adoptado es para revestimiento de asfalto con textura áspera, con un valor igual a 0.016. Fuente:(RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 199).

- **Depresión en sumidero de entrada (a)**

Esta depresión es un rebaje hecho en este caso a la calzada, junto a la entrada del sumidero, cuyo objetivo es incrementar la capacidad de captación. La depresión mínima

es de 2.5 cm, de acuerdo a lo manifestado por la fuente: (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 202).

Como referencia rápida se presenta la siguiente tabla que indica la capacidad en litros por segundo a diferentes depresiones (a) de acuerdo a la pendiente longitudinal para un sumidero de dimensiones (1.37m y 15cm de altura de la ventana).

**Tabla 101**

*Capacidad en litros por segundo con distintas depresiones.*

| Pendiente<br>Calle % | Capacidad en l/s para diferentes depresiones (a) |       |       |       |
|----------------------|--|-------|-------|-------|
|                      | 0 cm   | 5 cm  | 10 cm | 15 cm |
| 1.0                  | 2.25   | 11.70 | 33.60 | 64.50 |
| 2.0                  | 1.40   | 9.85  | 28.60 | 55.00 |
| 3.0                  | 1.12   | 7.55  | 23.50 | 44.30 |
| 4.0                  | 0.66   | 5.33  | 18.70 | 34.20 |
| 5.0                  | 0.00   | 3.36  | 14.00 | 23.80 |

*Nota.* Capacidad en l/s en función de la pendiente de la vía. Fuente:(RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 199).

En el presente estudio adoptaremos una depresión (a) igual a 5 cm, pero si el diseño lo requiere para cumplir ya sea velocidad mínima y que el caudal de intercepción sea mayor al caudal de acercamiento, se ira ajustando este valor, pero se tratara de mantenerlo de forma estándar para todos los sumideros.

- **Calado de flujo hacia el sumidero “Yo”, velocidades máximas y mínimas de acercamiento admisibles**

El calado como recomendación debe ser menor a 13 centímetros, ya que está en función de la altura del bordillo, que por lo general es de 15 cm, aunque para este proyecto la altura libre de bordillo va ser de 17 cm, por lo cual como seguridad adoptaremos como calado máximo 13 cm.

En relación con la velocidad mínima de acercamiento se tiene la siguiente definición: “La velocidad de las aguas deberá limitarse para evitar la erosión, sin

reducirla tanto que pueda dar lugar a depósito o sedimentación. La velocidad mínima aconsejable es de 0,25 m/s”(NEVI-12-2B-MTOP, 2012). Mientras que para velocidades máximas admisibles se tiene la siguiente tabla:

**Tabla 102**

*Velocidades Máximas Admisibles en Canales y Cunetas Revestidas*

| <b>Tipo de revestimiento</b>                             | <b>Velocidad máxima admisible, m/s</b> |
|--|--|
| Mezclas asfálticas en sitio y tratamientos superficiales | 3.00                                   |
| Mampostería de piedra                                    | 4.50                                   |
| Hormigón asfáltico o de cemento portland                 | 4.50                                   |

**Nota.** La velocidad máxima adoptada para este estudio es de 3 m/s. Fuente:(NEVI-12-2B-MTOP, 2012, pág. 312).

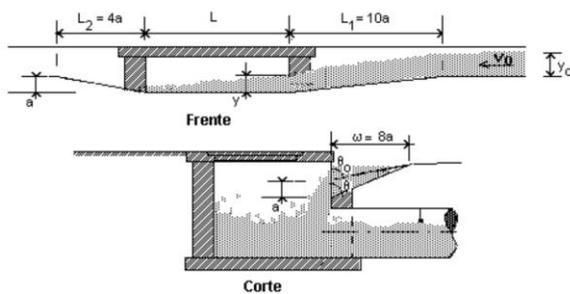
#### **7.7.5.5.2. Método de diseño (Método Hsiung-Li)**

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo para el diseño de un sumidero, posterior se mostrará una tabla de resumen con valores de cada parámetro que cumplan con las condiciones de diseño como se expuso en el apartado 7.6.5.5.1. Por lo cual, planteamos el siguiente problema:

Se requiere diseñar un sumidero de ventana con una depresión (a) igual a 5 cm (se indica en el apartado 7.6.5.5.1.), para captar un caudal de 10.7 l/s (este caudal fue calculado como indica en el apartado 7.6.4.), además presenta una pendiente longitudinal (So) de 1%, y una pendiente transversal (Sx) de 2%, de acuerdo al tipo de superficie su coeficiente de rugosidad de Manning (n) es igual a 0.016. Se indica los siguientes esquemas para relacionar los parámetros que se van calculando.

**Figura 51**

*Esquema de Sumidero de Ventana Vista de Frente y en Corte*



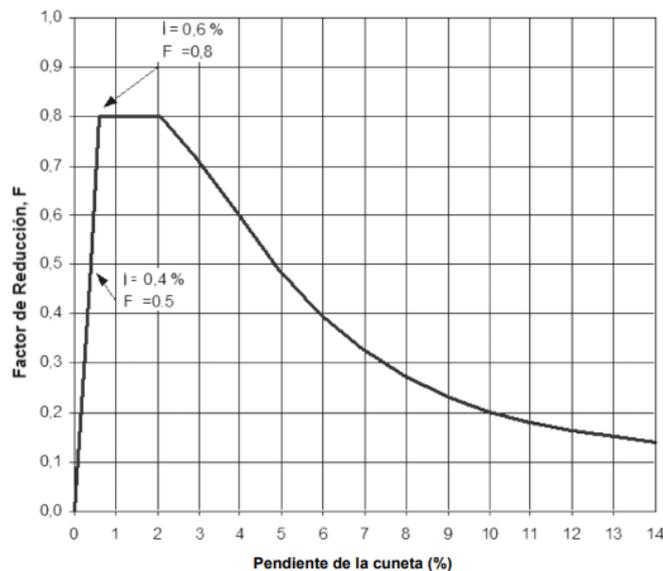
**Nota.** Dimensiones recomendadas en frente y corte. Fuente: Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 208).

- **Cálculo del caudal de acercamiento mayorado ( $Q_0$ )**

Este caudal es considerado como el que se acerca a la cuneta, y para mayorarlo se debe dividir para un factor de seguridad ( $F$ ), el mismo que se determina por medio del siguiente nomograma.

**Figura 52**

*Nomograma de Factor de Reducción ( $F$ )*



**Nota.** “ $F$ ” en función de la pendiente longitudinal. Fuente: Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 199).

Al nomograma se ingresa con el valor de la pendiente longitudinal ( $S_o = 1\%$ ), lo que corresponde a un valor ( $F$ ) igual a 0.8, obteniendo así un caudal de acercamiento mayorado ( $Q_o$ ) igual a 13.38 l/s, como se indica a continuación:

$$Q_o = \frac{10.7 \text{ l/s}}{0.8} = 13.38 \text{ l/s}$$

- **Cálculo del coeficiente (K)**

Antes de su determinación se debe conocer el valor de ( $z$ ), que no es más que la inversa de la pendiente transversal ( $S_x$ ), y para establecer el coeficiente ( $K$ ) se utiliza una tabla como se indicara a continuación:

$$z = \frac{1}{0.02} = 50$$

**Tabla 103**

*Valor del Coeficiente (K) en Función de (z)*

| <b>z</b> | <b>K</b> |
|----------|----------|
| 12       | 0.23     |
| 24       | 0.20     |
| 48       | 0.20     |

**Nota.** De acuerdo a la tabla, el valor de ( $K$ ) adoptado sería de 0.20. Fuente: (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 208).

- **Cálculo del calado del flujo hacia el sumidero ( $Y_o$ )**

Su determinación se lleva a cabo con la ayuda de la ecuación de Izzard como e indica a continuación:

$$Q_o = 375(z/n)(Y_o)^{8/3} S_o^{1/2}$$

Donde:

$Q_o$ : Caudal de acercamiento mayorado (l/s).

$z$ : Coeficiente que representa el talud de la vía, determinado con el inverso de la pendiente transversal.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

$Y_o$ : Calado del flujo (m)

$S_o$ : Pendiente longitudinal de la vía.

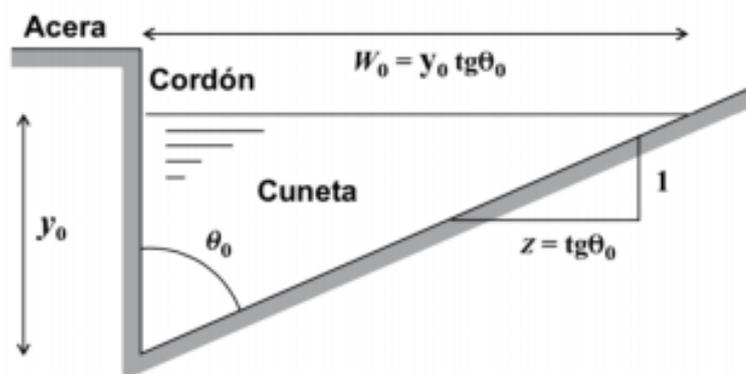
Dado que ya conocemos los valores de todos los datos de la ecuación, excepto del calado del flujo ( $Y_o$ ), se debe iterar hasta obtener el caudal deseado, pero con ayuda del programa Excel y la función buscar objetivo se realizó el cálculo con facilidad, logrando establecer un calado de flujo ( $Y_o$ ) igual a:

$$Y_o = 0.0332 \text{ m} \approx 3.32 \text{ cm} < 13 \text{ cm}$$

De esta forma está cumpliendo con lo establecido en el apartado 7.7.5.5.1.

- **Cálculo de la velocidad de acercamiento del flujo hacia el sumidero ( $V_o$ )**

Se debe calcular primero el ancho de rebaje ( $W_o$ ) en metros, para posterior determinar la sección de acercamiento del flujo ( $A$ ) en (m<sup>2</sup>) y por último se establece la velocidad de acercamiento del flujo ( $V_o$ ) en m/s, examinando que cumplan con las condiciones de diseño que se indica en el apartado 7.6.5.5.1. A continuación se indica el ejemplo de cálculo.



- $W_o = Y_o * z$

$$W_o = 0.0332 \text{ m} * 50$$

$$W_o = 1.66 \text{ m}$$

- $A = (W_o * Y_o)/2$

$$A = (1.66m * 0.0332m)/2$$

$$A = 0.028 m^2$$

- $V_o = Q_o/A$

$$V_o = \left(13.38 \frac{l}{s} / 1000\right) / 0.028m^2$$

$$V_o = 0.48m/s < 0.25 m/s$$

- **Cálculo de la energía específica (E)**

Su cálculo está dado por la siguiente ecuación:

$$E = \frac{V^2}{2g} + y = \frac{V_o^2}{2g} + Y_o + a$$

Donde:

E: Energía específica (m)

Vo: Velocidad de acercamiento (m/s)

g: fuerza de gravedad ( $m/s^2$ )

Yo: Calado del flujo hacia el sumidero (m).

a: depresión en sumidero de entrada(m)

$$E = \frac{(0.48 m/s)^2}{2 * 9.81 m/s^2} + 0.0332m + 0.05m$$

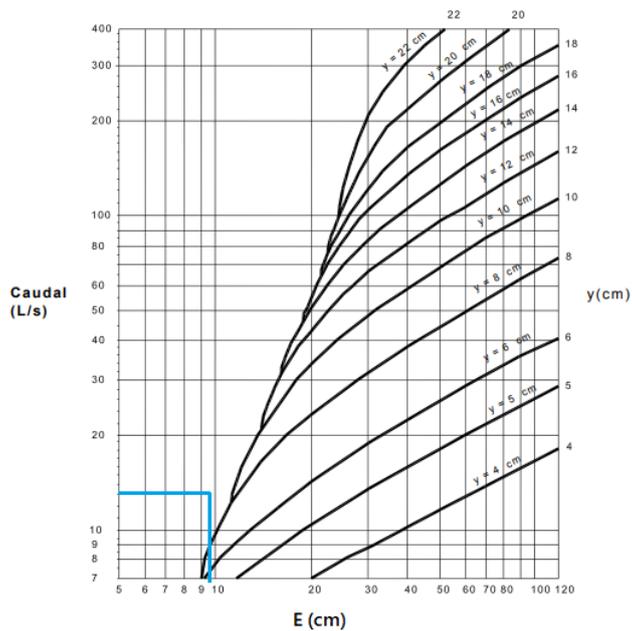
$$E = 0.095 m$$

- **Cálculo del calado a la entrada del sumidero (Y)**

Se lo determina por medio del siguiente nomograma:

**Figura 53**

*Nomograma Para Determinar el Calado a la Entrada del Sumidero (Y)*



**Nota.** Calado en función de la energía y el caudal. Fuente: Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 210).

De acuerdo al siguiente nomograma se estima que el valor del calado a la entrada del sumidero es de 6 cm.

- **Determinación del coeficiente ( $F^2$ )**

El cálculo de este coeficiente servirá para posterior determinar el caudal de intercepción ( $Q_i$ ), se lo determina con la siguiente expresión:

$$F^2 = 2 \left( \frac{E}{Y} - 1 \right)$$
$$F^2 = 2 \left( \frac{0.095 \text{ m} * 100}{6 \text{ cm}} - 1 \right)$$
$$F^2 = 1.17$$

- **Determinación de la tangente del ángulo en el rebaje ( $\tan \theta$ )**

El cálculo de la tangente del ángulo en el rebaje ( $\tan \theta$ ), servirá para posterior determinar el caudal de intercepción ( $Q_i$ ), se lo determina con la siguiente expresión:

$$\tan \theta = \frac{W}{\frac{W}{\tan \theta} + a}$$

Donde:

W: Ancho del rebaje (m), siendo a su vez  $W=8*a$

$\tan \theta$ : Tangente del ángulo de la pendiente de la vía, o lo que es igual a (z).

a: Depresión en sumidero de entrada (m).

$$\tan \theta = \frac{8 * 0.05m}{\frac{8 * 0.05m}{50} + 0.05m}$$

$$\tan \theta = 6.89$$

- **Determinación del coeficiente (M)**

El cálculo del coeficiente (M), servirá para posterior determinar el caudal de intercepción (Qi), se lo determina con la siguiente expresión:

$$M = \frac{L * F^2}{a * \tan \theta}$$

Donde:

L: Longitud del sumidero (m). Tener en cuenta que la longitud mínima de abertura es de 0.6m y la máxima es de 1.5m de acuerdo a lo indicado por la normativa: (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 208).

F: Coeficiente adimensional.

a: Depresión en sumidero de entrada (m).

$\tan \theta$ : tangente del ángulo en el rebaje

Nota: La expresión de M exige un valor para "L", y como aún no es conocido se admite  $L = 0.6$  m, como valor inicial para posteriormente verificar este valor. (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 215). Entonces se tiene:

$$M = \frac{0.6m * 1.17}{0.05m * 6.89}$$

$$M = 2.04$$

- **Determinación del coeficiente (C)**

El cálculo del coeficiente (C), servirá para posterior determinar el caudal de intercepción (Qi), se lo determina con la siguiente expresión:

$$C = 0.45/1.12^M$$

$$C = 0.45/1.12^{2.04}$$

$$C = 0.357$$

- **Determinación del caudal de intercepción por metro lineal (Qi/L)**

El caudal de intercepción por metro lineal (Qi), se lo determina por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{Q_i}{L} = \left( (K + C) \left( \sqrt{Y^3 * g} \right) \right)$$

$$\frac{Q_i}{L} = \left( (0.2 + 0.357) \left( \sqrt{(0.06m)^3 * 9.81m/s^2} \right) \right)$$

$$\frac{Q_i}{L} = 0.02564 \frac{m^3}{s} \approx 25.64 \text{ l/s}$$

Como el valor adoptado de la longitud del sumidero (L) es igual a 0.6 metros (explicado en la determinación del coeficiente M), el caudal de intercepción sería:

$$Q_i = 0.01538 \frac{m^3}{s} \approx 15.38 \frac{l}{s}$$

$$\therefore Q_i > Q_o$$

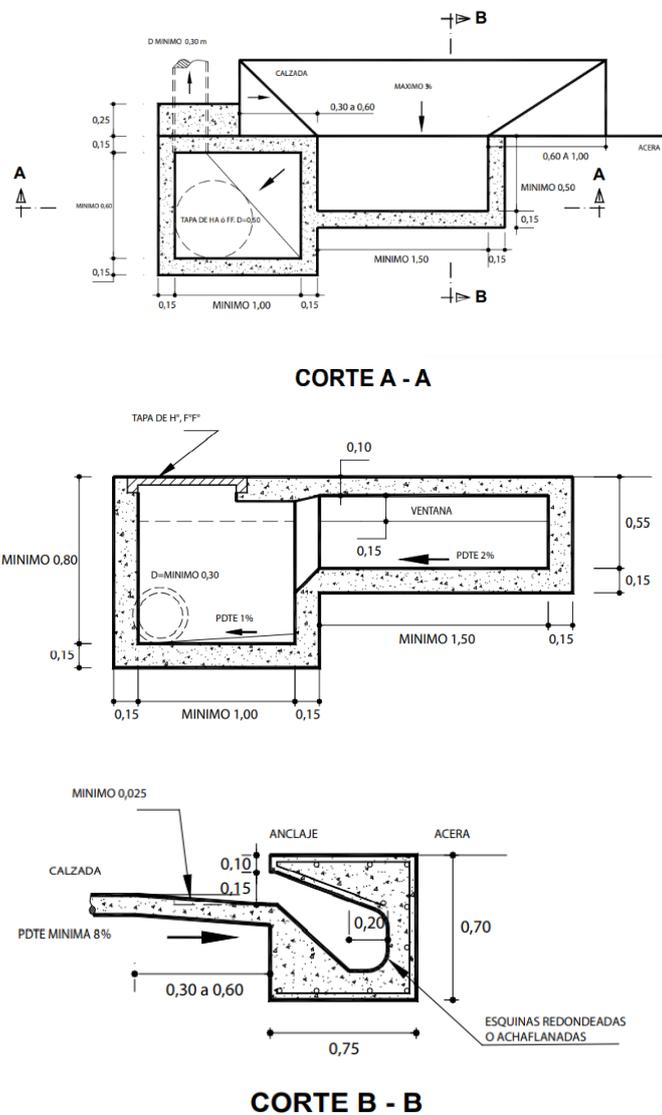
$$15.38 \frac{l}{s} > 13.38 \frac{l}{s} \text{ (Cumple)}$$

Nota: De acuerdo a la normativa (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 215), menciona que el caudal de intercepción (Qi) puede ser menor que el caudal de acercamiento mayorado (Qo), siempre y cuando sea menor en un 10% del caudal de acercamiento mayorado (Qo).

Como ejemplo, se presentan esquemas, respecto a un sumidero de ventana para su construcción:

**Figura 54**

*Esquemas de Construcción Para Sumideros de Ventana*



**Nota.** Dimensionamiento común para sumideros de ventana. Fuente: Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros (RTDCS-BOLIVIA, 2007, pág. 210).

A continuación, se presenta la tabla de resumen de los sumideros ubicados a lo largo de la vía en el sentido de la ampliación. En los anexos correspondientes a este capítulo se indicará la ubicación, las áreas de aportación y pendiente longitudinal correspondientes a cada sumidero, al igual que la hoja electrónica donde se realizó el diseño.

**Tabla 104**

*Resumen de los Sumideros Ubicados a lo Largo de la Vía*

| Ubicación | Sentido Norte-Sur, lado: | Q captado (l/s) | So (%) | Qo (l/s) | Yo (m) | Vo (m/s) | E (m) | Y (m) | F <sup>2</sup> | Tan( $\theta$ ) | L (m) | M    | C    | Qi/L (l/s/m) | Qi (l/s) |
|-----------|--------------------------|-----------------|--------|----------|--------|----------|-------|-------|----------------|-----------------|-------|------|------|--------------|----------|
| 1+263.12  | derecho                  | 13.70           | 2.22   | 17.13    | 0.031  | 0.7      | 0.11  | 0.08  | 0.65           | 6.9             | 0.6   | 1.13 | 0.4  | 42.23        | 25.34    |
| 1+263.12  | izquierdo                | 10.40           | 2.22   | 13       | 0.028  | 0.65     | 0.1   | 0.08  | 0.49           | 6.9             | 0.6   | 0.86 | 0.41 | 43.11        | 25.86    |
| 1+140.00  | izquierdo                | 6.70            | 1.23   | 8.38     | 0.027  | 0.47     | 0.09  | 0.08  | 0.2            | 6.9             | 0.6   | 0.34 | 0.43 | 44.85        | 26.91    |
| 1+122.51  | derecho                  | 11.42           | 1.23   | 14.28    | 0.033  | 0.53     | 0.1   | 0.08  | 0.43           | 6.9             | 0.6   | 0.75 | 0.41 | 43.48        | 26.09    |
| 1+040.00  | derecho                  | 14.50           | 2.74   | 18.13    | 0.031  | 0.76     | 0.11  | 0.08  | 0.76           | 6.9             | 0.6   | 1.33 | 0.39 | 41.62        | 24.97    |
| 1+018.00  | izquierdo                | 16.32           | 2.74   | 20.4     | 0.032  | 0.79     | 0.11  | 0.08  | 0.84           | 6.9             | 0.6   | 1.47 | 0.38 | 41.19        | 24.71    |
| 0+966.15  | derecho                  | 13.00           | 1.38   | 16.25    | 0.034  | 0.57     | 0.1   | 0.08  | 0.51           | 6.9             | 0.6   | 0.89 | 0.41 | 43           | 25.81    |
| 0+854.58  | derecho                  | 19.60           | 1.38   | 24.5     | 0.039  | 0.64     | 0.11  | 0.1   | 0.2            | 6.9             | 0.6   | 0.34 | 0.43 | 62.68        | 37.61    |
| 0+873.11  | izquierdo                | 19.38           | 1.38   | 24.23    | 0.039  | 0.63     | 0.11  | 0.1   | 0.19           | 6.9             | 0.6   | 0.33 | 0.43 | 62.73        | 37.64    |
| 0+799.24  | derecho                  | 9.72            | 1.38   | 12.15    | 0.03   | 0.53     | 0.1   | 0.08  | 0.35           | 6.9             | 0.6   | 0.64 | 0.42 | 43.84        | 26.3     |
| 0+765.32  | izquierdo                | 14.42           | 1.38   | 18.03    | 0.035  | 0.59     | 0.1   | 0.08  | 0.57           | 6.9             | 0.6   | 0.99 | 0.4  | 42.69        | 25.62    |
| 0+670.63  | izquierdo                | 12.71           | 1.38   | 15.89    | 0.033  | 0.57     | 0.1   | 0.08  | 0.5            | 6.9             | 0.6   | 0.87 | 0.41 | 43.08        | 25.85    |
| 0+670.63  | derecho                  | 22.66           | 1.38   | 28.33    | 0.041  | 0.66     | 0.11  | 0.1   | 0.27           | 6.9             | 0.6   | 0.47 | 0.43 | 62.05        | 37.23    |
| 0+548.81  | izquierdo                | 16.32           | 1.36   | 20.4     | 0.037  | 0.6      | 0.11  | 0.08  | 0.63           | 6.9             | 0.6   | 1.1  | 0.4  | 42.32        | 25.39    |
| 0+548.81  | derecho                  | 21.43           | 1.36   | 26.79    | 0.041  | 0.65     | 0.11  | 0.1   | 0.24           | 6.9             | 0.6   | 0.42 | 0.43 | 62.32        | 37.39    |
| 0+435.74  | izquierdo                | 15.12           | 1.32   | 18.9     | 0.036  | 0.59     | 0.1   | 0.08  | 0.59           | 6.9             | 0.6   | 1.02 | 0.4  | 42.59        | 25.55    |
| 0+435.74  | derecho                  | 19.85           | 1.32   | 24.81    | 0.04   | 0.63     | 0.11  | 0.1   | 0.2            | 6.9             | 0.6   | 0.34 | 0.43 | 62.68        | 37.61    |
| 0+340.39  | izquierdo                | 12.84           | 1.38   | 16.05    | 0.034  | 0.57     | 0.1   | 0.08  | 0.5            | 6.9             | 0.6   | 0.88 | 0.41 | 43.05        | 25.83    |
| 0+291.74  | derecho                  | 25.30           | 1.38   | 31.63    | 0.043  | 0.68     | 0.12  | 0.1   | 0.33           | 6.9             | 0.6   | 0.58 | 0.42 | 61.55        | 36.93    |
| 0+229.76  | izquierdo                | 14.85           | 1.25   | 18.56    | 0.036  | 0.57     | 0.1   | 0.08  | 0.57           | 6.9             | 0.6   | 0.99 | 0.4  | 42.69        | 25.61    |
| 0+164.13  | derecho                  | 22.49           | 1.25   | 28.11    | 0.042  | 0.63     | 0.11  | 0.1   | 0.25           | 6.9             | 0.6   | 0.44 | 0.43 | 62.22        | 37.33    |
| 0+146.07  | izquierdo                | 11.24           | 1.25   | 14.05    | 0.032  | 0.53     | 0.1   | 0.08  | 0.42           | 6.9             | 0.6   | 0.74 | 0.41 | 43.51        | 26.11    |
| 0+085.48  | derecho                  | 13.88           | 1.25   | 17.35    | 0.035  | 0.56     | 0.1   | 0.08  | 0.53           | 6.9             | 0.6   | 0.92 | 0.41 | 42.9         | 25.74    |
| 0+090.19  | izquierdo                | 7.49            | 1.25   | 9.36     | 0.029  | 0.48     | 0.09  | 0.08  | 0.24           | 6.9             | 0.6   | 0.42 | 0.43 | 44.58        | 26.75    |
| 0+012.15  | izquierdo                | 10.44           | 1.25   | 13.05    | 0.032  | 0.52     | 0.1   | 0.08  | 0.39           | 6.9             | 0.6   | 0.68 | 0.42 | 43.7         | 26.23    |
| 0+001.40  | derecho                  | 14.76           | 1.25   | 18.45    | 0.036  | 0.57     | 0.1   | 0.08  | 0.56           | 6.9             | 0.6   | 0.98 | 0.4  | 42.71        | 25.63    |

*Nota.* En la próxima página se indica algunas consideraciones de la presente tabla. Elaborado por: El autor.

Todos los sumideros tienen una depresión (a) de 5 cm de acuerdo a lo indicado en el apartado 7.7.5.5.1 el cual trata de las variables y condiciones a cumplirse en el diseño.

La pendiente transversal será del 2% para todos los casos, ya que este será el bombeo de la vía.

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) será de 0.016 para cada uno de los sumideros de acuerdo a lo explicado en el apartado 7.7.5.5.1.

El coeficiente K y z es el mismo para todos con valores de 0.2 y 50 respectivamente, estos cálculos se los puede reconocer en el punto 7.7.5.5.2.

Todos los caudales de intercepción cumplen para el diseño, siendo estos mayores al caudal de captación, además de respetar las velocidades admisibles.

El total de sumideros corresponde a un número de 51, de los cuales 14 sumideros tipo ventana fueron reubicados como se indica en el plano de anexo referente a este capítulo. Por otro lado, se incluyeron 6 sumideros, 2 en la calle Rio Coca, 2 en la calle Sucumbíos, y 2 en la calle Bahía de Caráquez, estas calles intersecan con la Av. General Enríquez, por lo tanto, ayudarán al drenaje de la vía.

#### **7.7.5.6. Diseño de la tubería de conexión (sumidero-pozo)**

La tubería que se utilizará será de PVC con un diámetro de 250mm. A continuación, se presenta una tabla donde relaciona la pendiente, velocidad y caudal, que recorrerá por la tubería, desde el sumidero hasta el pozo, el mismo que se empata a redes combinadas de la urbanización Yaguachi, los datos que se presentan se analizaron a tubería llena, cabe mencionar que para el diseño cumple con el 80% de sección llena.

**Tabla 105***Diseño de Tubería, Pendiente en Función de la Velocidad y el Caudal*

| <b>Pendiente<br/>(J) (%)</b> | <b>Velocidad<br/>(m/s)</b> | <b>Caudal<br/>(l/s)</b> |
|------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1.00                         | 1.21                       | 59.47                   |
| 2.00                         | 1.71                       | 84.10                   |
| 3.00                         | 2.10                       | 103.00                  |
| 4.00                         | 2.42                       | 118.94                  |
| 5.00                         | 2.71                       | 132.97                  |
| 7.50                         | 3.31                       | 162.86                  |
| 10.00                        | 3.83                       | 188.05                  |
| 12.50                        | 4.28                       | 210.25                  |
| 15.00                        | 4.69                       | 230.32                  |

**Nota.** Las pendientes con las que se trabajará serán de 1% al 3%. Fuente: Departamento técnico de agua potable y alcantarillado (GADMUR).

**7.7.6. Volúmenes de obra****Tabla 106***Volúmenes de Obra que Intervienen en el Drenaje Longitudinal y Transversal*

| <b>Nº</b> | <b>Especificación</b>   | <b>U.</b>      | <b>Cantidad</b> | <b>Observación</b>  |
|-----------|---|----------------|-----------------|---|
| 1         | Excavación y relleno para colocación de tubería a conectar en pozos   | m <sup>3</sup> | 903.48          | Tubería para drenaje transversal en el sentido de ampliación y en el sentido Sur-Norte. |
| 3         | Colocación de tubería PVC de 250mm, desfogue de sumideros a pozos     | m              | 752.9           | En el sentido de ampliación y en el sentido Sur-Norte.                                  |
| 4         | Excavación para bordillos de vía                                      | m              | 1800            | Bordillos de 50 cm de altura.   |
| 5         | Remoción de estructuras de hormigón (sumideros, bordillos)            | m <sup>3</sup> | 252.8           | En nuevos bordillos y reconstrucción de los bordillos en mal estado.                    |
| 6         | Tapas de HF para pozo D=600mm   | u              | 51              | En pozos de revisión para sumideros.  |
| 7         | Hormigón estructural, f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup>          | m <sup>3</sup> | 230             | Construcción de bordillos.  |
| 8         | Hormigón estructural, f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup>          | m <sup>3</sup> | 30.6            | Cajas de revisión y limpieza.   |
| 9         | Hormigón estructural, f <sub>c</sub> =140 kg/cm <sup>2</sup>          | m <sup>3</sup> | 3               | En replantillo.   |
| 10        | Empate a pozo (mortero 1:3)   | u              | 51              | De sumideros a pozos.   |
| 11        | Acero de refuerzo en barras, f <sub>y</sub> =4.200 kg/cm <sup>2</sup> | kg             | 2295            | Sumideros-cajas de revisión.  |
| 12        | Encofrado de madera de monte  | m <sup>2</sup> | 306             | Sumideros -cajas de revisión.   |

**Nota.** Volúmenes que servirán para el cálculo del presupuesto final. Elaborado por: El autor.

## CAPÍTULO VIII

### 8. SEÑALIZACIÓN VIAL

Es un indicador de seguridad, que se alcanza por medio de la correcta circulación de transeúntes y conductores al utilizar las carreteras y vías señalizadas. Por tanto, se debe prestar la debida atención y responsabilizarse por acatar estas señales de tránsito.

“Una señalización vial permanente bien diseñada, se reflejará directamente en un alto nivel de seguridad vial de una carretera o camino, lo que será muy valorado por los usuarios.”(NEVI-12-5-MTOP, 2013, pág. 148).

Con respecto al presente estudio, la señalización será vertical y horizontal a lo largo de la vía, respondiendo a peticiones específicas. Estas señales serán visibles para el día como para la noche.

En el presente estudio se ubicará en un plano visto en planta las señales verticales y horizontales que de acuerdo al estudio se llegará a establecer, se adjuntará en los anexos correspondientes a este capítulo.

#### 8.1. Normativa recomendada para la señalización vial

- Procedimientos de operación y seguridad vial - NEVI-12-5-MTOP.
- Señalización Horizontal - RTE-INEN-004-2.
- Señalización Vertical - RTE-INEN-004-1.
- Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes - NEVI-12-3-MTOP.

#### 8.2. Señalización horizontal

“Se ubica sobre la calzada, presenta la ventaja, frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor sin que éste distraiga su atención del carril en que circula.” (NEVI-12-5-MTOP, 2013, pág. 180). Sin embargo, también presenta

desventajas como por ejemplo la pérdida de visibilidad por factores ambientales, es por esto que debe estar ligada a la señalización vertical.

Con respecto al diseño, la señalización horizontal debe cumplir los siguientes parámetros.

- Su tamaño, contraste, colores, forma, composición y retrorreflectividad o iluminación, se combinen de tal manera que atraigan la atención de todos los usuarios. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 4)
- Su forma, tamaño, colores y diagramación del mensaje, se combinen para que este sea claro, sencillo e inequívoco. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 4)
- Su legibilidad y tamaño correspondan al emplazamiento utilizado, permitiendo en un tiempo adecuado de reacción. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 4)
- Su tamaño, forma y mensaje concuerden con la situación que se señala, contribuyendo a su credibilidad y acatamiento. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 4)
- Sus características de color y tamaño se aprecien de igual manera durante el día, la noche y períodos de visibilidad limitada. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 4).

### **8.2.1. Clasificación**

Se clasifican según su forma y según su altura, a continuación, se explican todas las sub-clasificaciones conforme a su forma:

#### **8.2.1.1. Líneas longitudinales**

Se emplean para determinar carriles y calzadas; para indicar zonas con o sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 5). Dentro de esta clasificación tenemos 3 sub-clasificaciones que son:

### 8.2.1.1.1. Líneas de separación de flujos opuestos

“Serán siempre de color amarillo y se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 10).

Estas líneas deben obedecer a la siguiente relación:

**Tabla 107**

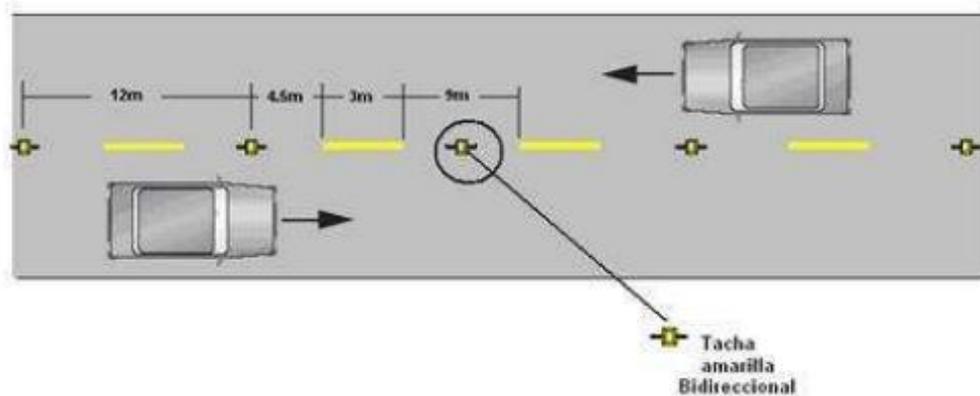
*Relación Señalización Línea de Separación de Circulación Opuesta Segmentada*

| Velocidad máxima de la vía (km/h) | Ancho de la línea (mm) | Patrón (m) | Relación señalización brecha |
|-----------------------------------|------------------------|------------|------------------------------|
| Menor o igual a 50                | 100                    | 12,00      | 3 - 9                        |
| Mayor a 50                        | 150                    | 12,00      | 3 - 9                        |

**Nota.** Se tiene una velocidad mayor a 50 km/h, corresponde un ancho de línea igual a 150 mm. Fuente: (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 11).

**Figura 55**

*Líneas Segmentadas de Separación de Circulación Opuesta*



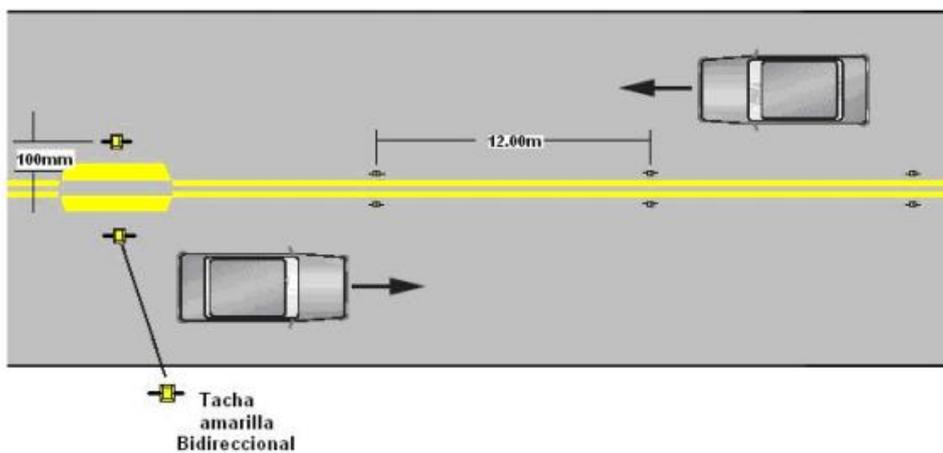
**Nota.** Tachas reflectivas ubicadas cada 12m. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 11).

Se debe tener en cuenta que a su vez estas líneas de separación de flujos opuestos, se dividen en dos tipos de líneas centrales segmentadas, las cuales son:

- **Doble línea continua o línea de barrera:** Consisten en dos líneas amarillas paralelas, de un ancho de 100 a 150 mm con tachas a los costados, separadas por un espacio de 100 mm. Se emplean en calzadas con doble sentido de tránsito, en donde la visibilidad en la vía se ve reducida por curvas, pendientes u otros, impidiendo efectuar rebasamientos o virajes a la izquierda en forma segura. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 12).

**Figura 56**

*Doble Línea Continua, con Ejemplo de Tachas a 12,00 m.*

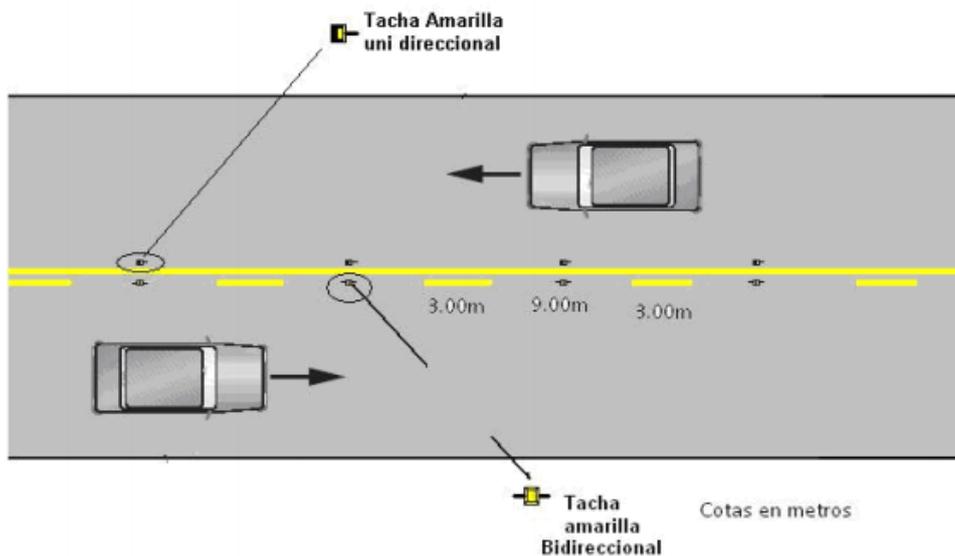


**Nota.** Dos tachas bidireccionales cada 12 metros. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 12).

- **Doble línea mixta:** Consisten en dos líneas amarillas paralelas, una continua y la otra segmentada, de un ancho mínimo de 100 mm cada una, separadas por un espacio de 100 mm. Los vehículos siempre que exista seguridad pueden cruzar desde la línea segmentada para realizar rebasamientos; es prohibido cruzar desde la línea continua para realizar rebasamientos. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 12).

**Figura 57**

*Doble Línea Mixta Continua y Segmentada*



**Nota.** Dos tachas cada 12 metros, una bidireccional y una unidireccional. Fuente:

Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 13).

**8.2.1.1.2. Líneas de separación de carriles**

“Las líneas de separación de carril contribuyen a ordenar el tráfico y posibilitan un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección, y son de color blanco, indicando la senda que deben seguir los vehículos. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 18).

Este apartado presenta dos clasificaciones, las cuales son:

- **Línea segmentada vía de dos carriles**

A continuación, se presenta como referencia una tabla que indica la relación entre la señalización y la brecha respecto a una línea de separación de carril, que está en función de la velocidad máxima de la vía.

**Tabla 108**

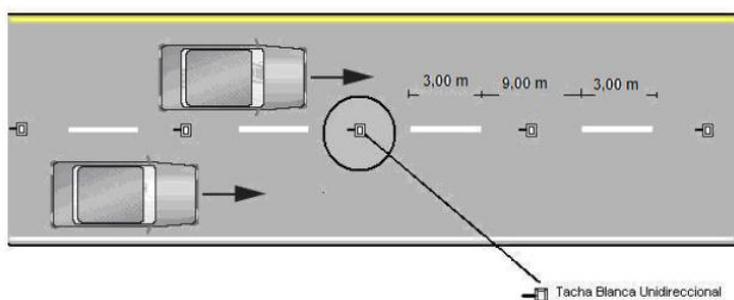
*Relación Entre Señalización y Brecha Respecto a una Línea de Separación de Carril*

| Velocidad máxima de la vía (km/h) | Ancho de la línea (mm) | Longitud de línea pintada (m) | Espaciamiento de línea (m) |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Menor o igual a 50                | 100                    | 3,00                          | 9,00                       |
| Mayor a 50                        | 150 min.               | 3,00                          | 9,00                       |

**Nota.** Ancho de línea como mínimo de 150 mm, longitud pintada a 3 m, espaciadas cada 9 m. Fuente: (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 19).

**Figura 58**

*Líneas de Separación Segmentadas de Carriles*



**Nota.** Tachas ubicadas cada 12 metros. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 19).

- **Línea de separación de carril continuas**

“Las líneas de separación de carril continuas se utilizan para segregar ciclovías y carriles de solo BUS del resto del flujo vehicular en el mismo sentido de circulación y son de color blanco.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 19).

#### **8.2.1.1.3. Líneas de continuidad**

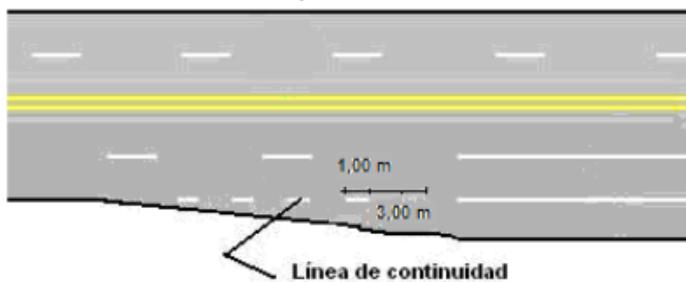
“Se usan para indicar el borde de la porción de vía asignada al tráfico que circula recto y donde la línea segmentada puede ser cruzada por tráfico que vira en una intersección o que ingresa o sale de un carril auxiliar.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 21).

Estas líneas tienen un ancho entre 150 mm y 200 mm, espaciadas cada 3 m, con 1 m de longitud.

“Las líneas de continuidad se emplean para limitar el ancho disponible de calzada en accesos a intersecciones con boca muy ancha; para delimitar ensanchamientos de calzada destinados al estacionamiento”. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 21). Además, es importante ya que se colocan en carriles de giro y retorno, que para nuestro estudio es importante conocer ya que se presentan estas situaciones.

### Figura 59

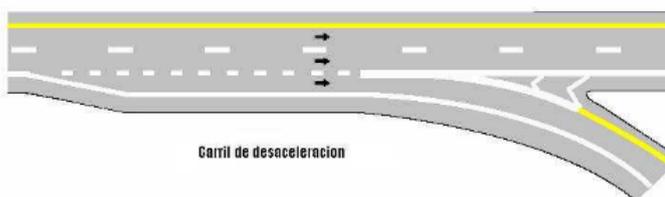
#### *Líneas de Continuidad*



**Nota.** Línea de continuidad pintada al borde del carril derecho. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 22).

### Figura 60

#### *Líneas de Continuidad (Carril de Desaceleración)*



**Nota.** Carril de desaceleración al lado derecho. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 22).

## Figura 61

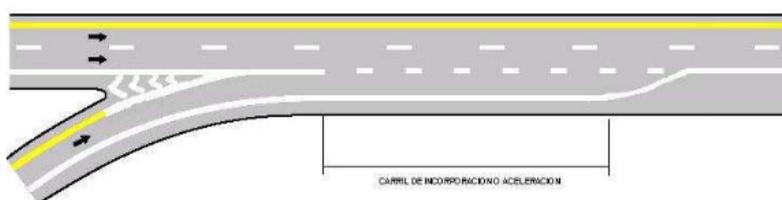
### *Líneas de Continuidad (Carril Reducido de Desaceleración)*



**Nota.** Carril de desaceleración al lado derecho. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 22).

## Figura 62

### *Líneas de Continuidad (Carril de Incorporación, Aceleración)*



**Nota.** Incorporación de vehículos por el carril derecho. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 22).

#### **8.2.1.1.4. Líneas de borde de calzada**

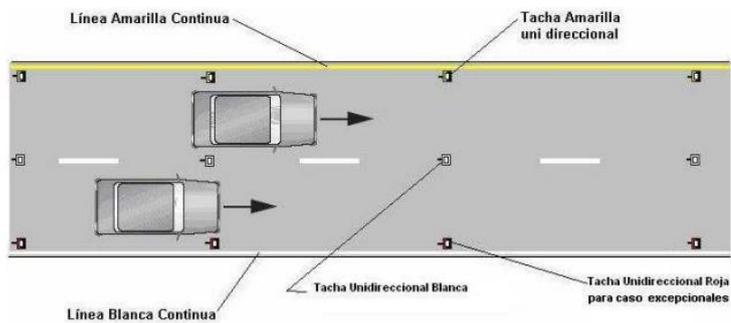
“Estas líneas indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, lo que les permite posicionarse correctamente respecto de éste.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 22).

Las líneas de borde en calzada se encuentran divididos de la siguiente manera:

- **Líneas de borde de calzada continuas:** “Estas líneas continuas son las más usadas para señalar el borde de la calzada; su ancho mínimo en vías urbanas debe ser de 100 mm y en autopistas y carreteras de 150 mm.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 23).

**Figura 63**

*Líneas Continuas de Borde, sin Espaldón*

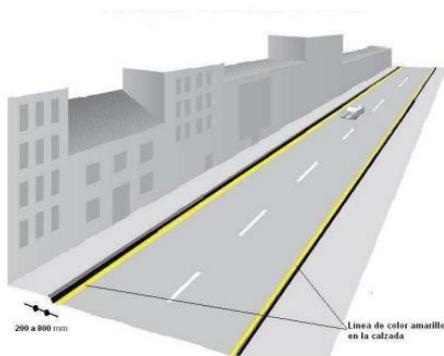


**Nota.** Línea de borde y tachas color blanco y amarillo con Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 24).

- **Líneas de prohibición de estacionamiento:** “Esta señalización indica la prohibición de estacionar permanentemente a lo largo de un tramo de vía a menos que se indique un horario de restricción, su color es amarillo, y debe ser demarcada sobre la calzada junto a los bordillos” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 24). De acuerdo a un estudio de tránsito ingenieril, estas líneas podrían ser marcadas en los bordillos teniendo en cuenta las condiciones geométricas y tipológicas del lugar.

**Figura 64**

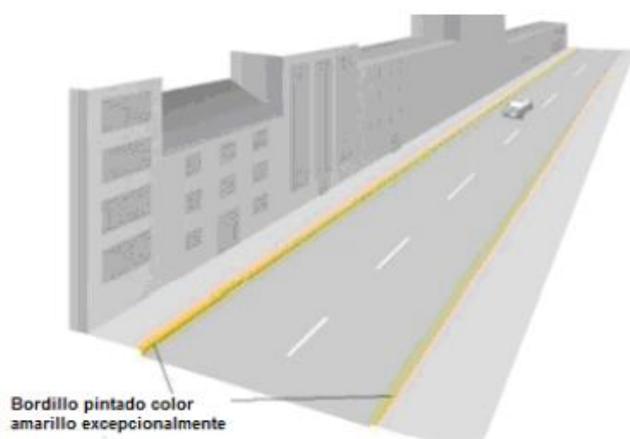
*Líneas de Prohibición de Estacionamiento en Calzada*



**Nota.** Líneas continuas de color amarillo junto al bordillo. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 24).

## Figura 65

### *Líneas de Prohibición de Estacionamiento en Bordillo*



**Nota.** Bordillo pintado en color amarillo. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 25).

- **Transiciones por reducción o ampliación de carriles:** “Cuando el ancho de la calzada se reduce o aumenta el número de carriles disponibles, se debe señalizar una zona de transición con líneas de separación y de borde de calzada convergentes que indiquen al conductor dicha reducción o aumento siempre debe terminarse al carril derecho.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 25).

#### **8.2.1.2. Líneas transversales**

Se emplean fundamentalmente en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para señalizar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 5). Son marcadas en la calzada de forma segmentada o continua de color blanco.

Se clasifican en cinco categorías de líneas, entre las cuales tenemos:

##### **8.2.1.2.1. Líneas de pare**

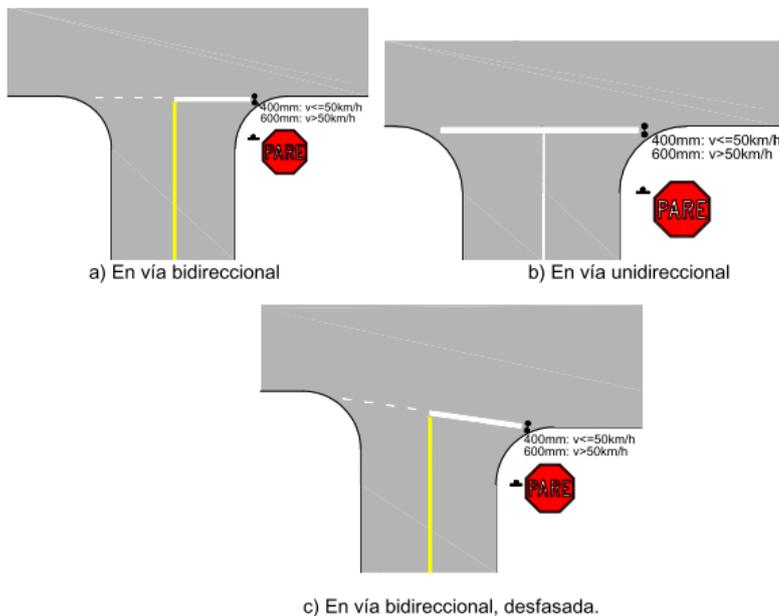
El objetivo principal es que “los vehículos deben detenerse. En vías con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 50 km/h el ancho debe ser de 400 mm; en

vías con velocidades superiores el ancho es de 600 mm”. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 27).

- **Línea de pare en intersección con señal vertical de pare:** “La línea de pare se demarca siguiendo la alineación de la proyección de los bordillos hacia el interior de la vía, donde se requiera detener el tráfico.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 27).

### Figura 66

#### *Línea de Pare en Intersección con Señal de Pare Vertical*



**Nota.** Línea de pare para velocidades mayores, menores e iguales a 50 km/h. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 28).

- **Línea de pare en intersecciones semaforizadas:** “La línea de pare indica al conductor que enfrenta la luz roja del semáforo el lugar donde el vehículo debe detenerse. Se demarca a no menos de 2,00 m antes del lugar donde se sitúa el poste del semáforo primario.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 28).

**Figura 67**

*Línea de Pare con Semáforos en Intersección sin Cruce Peatonal*

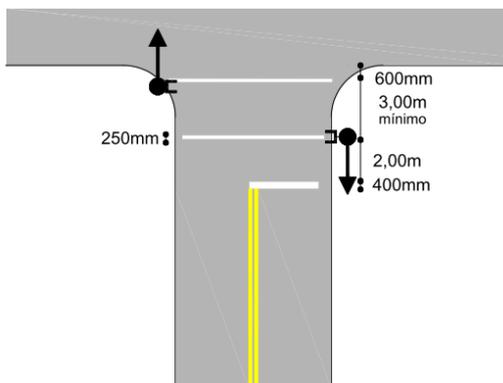


**Nota.** Señal horizontal antes de llegar a un semáforo. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 28).

Con la existencia de un cruce peatonal, se debe marcar a 2 metros del mismo, se debe tener en cuenta que la línea de pare puede cambiar por la geometría de la vía.

**Figura 68**

*Línea de Pare con Semáforos en Intersección con Cruce Peatonal*



**Nota.** Línea de pare antes, después y justo donde va el semáforo. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 29).

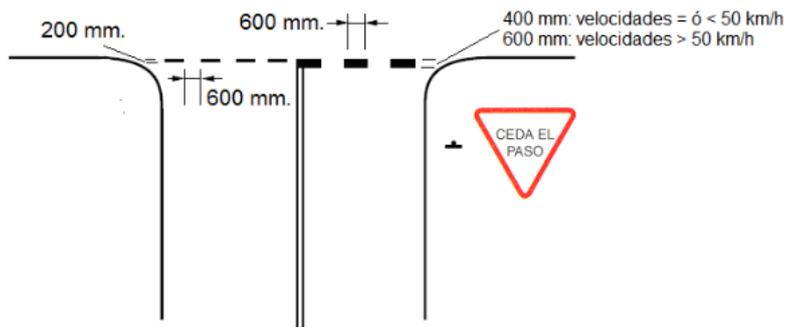
**8.2.1.2.2. Líneas de ceda el paso**

“Esta línea indica la posición segura para que el vehículo se detenga, si es necesario.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 33). En el presente estudio se tiene velocidades mayores a 50 km/h, por lo cual la línea segmentada es de 600 mm, pintado

con espacios de 600 mm y con un ancho de 600 mm, demarcados en un carril donde se aproxima a una señal vertical de ceda el paso, cruce de trenes a nivel, cruce cebra, redondeles y cruces escolares.

**Figura 69**

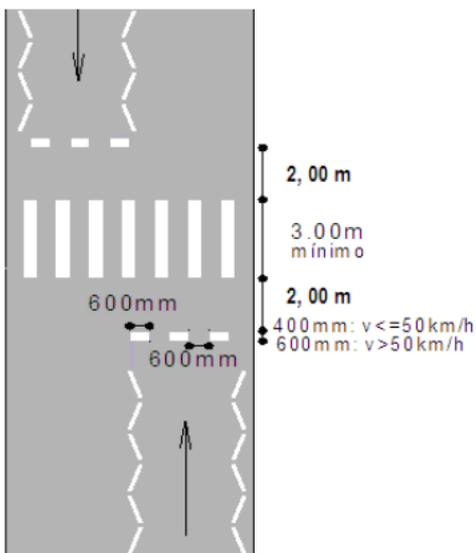
*Línea de Ceda el Paso con Señal Vertical*



**Nota.** Ancho de línea adoptada es de 600mm. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 33).

**Figura 70**

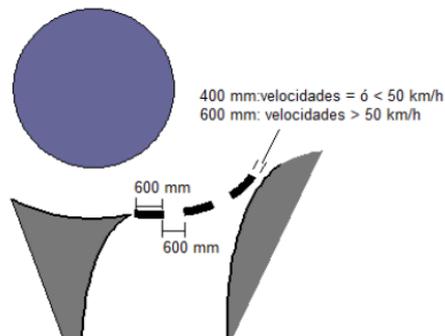
*Línea de Ceda el Paso en Cruce Intermedio Cebra*



**Nota.** Ancho de línea adoptada: 600mm. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 37).

**Figura 71**

*Línea de Ceda el Paso en Redondeles*



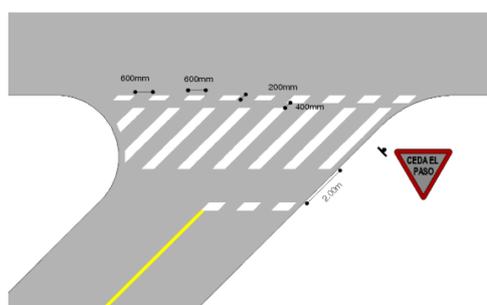
**Nota.** Ancho de línea adoptada: 600 mm. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 38).

### 8.2.1.2.3. Líneas de detención

Esta línea indica a los conductores que viran en una intersección, el lugar donde deben detenerse y ceder el paso a los peatones; y, al peatón el sendero seguro de cruce. (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 39). Las dimensiones de esta línea, la cual es segmentada tienen dimensiones de 200 mm de ancho por 600 mm de largo y espaciadas cada 600 mm. Se recomienda marcarlas y alinearlas en conjunto con señales de pare y ceda el paso cuando exista al acercamiento a una vía menor.

**Figura 72**

*Línea de Detención*



**Nota.** Línea de detención en color blanco. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 39).

#### 8.2.1.2.4. Líneas de cruce peatonal

Esta señalización indica la trayectoria que deben seguir los peatones al atravesar una calzada; se demarcaran en todas las zonas donde existe un conflicto peatonal y vehicular, y/o donde existen altos volúmenes peatonales.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 39).

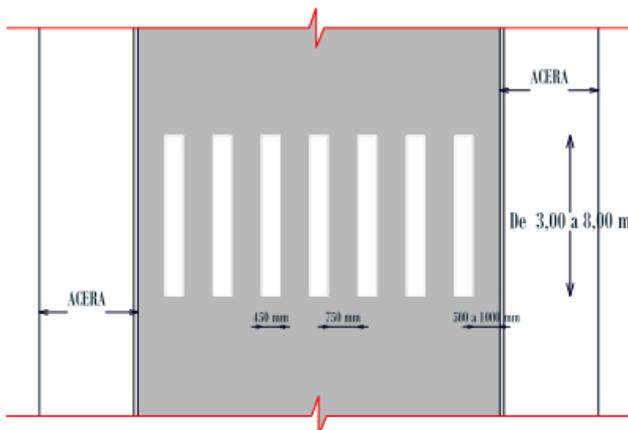
Se divide en dos clases que determinan la seguridad del cruce peatonal, estas son:

- **Líneas de cruce peatonal cebra:** “Esta señalización delimita una zona de la calzada donde el peatón tiene derecho de paso en forma irrestricta.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 40).

Se presenta paralelamente al eje de la calzada en forma de bandas de color blanco, su longitud varía entre 3 y 8 metros con un ancho de 450 mm y separadas cada 750 mm.

**Figura 73**

*Línea de Cruce Cebra*

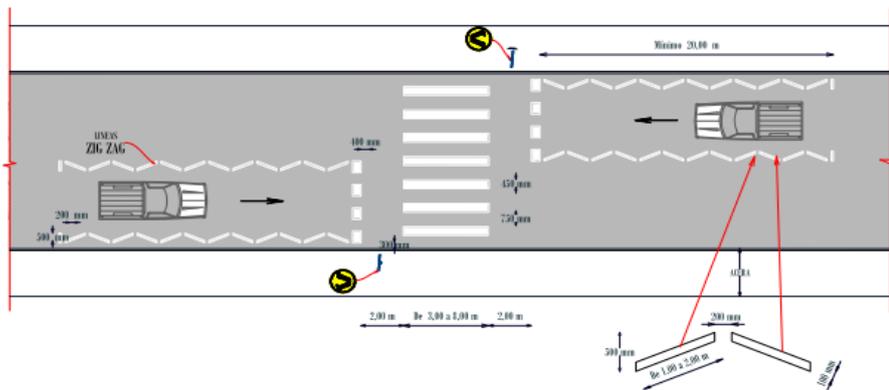


**Nota.** Líneas pintadas de color blanco de 3m de longitud por 0.45m de ancho. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 40).

“Con el objeto de advertir a los conductores la proximidad del Cruce cebra, se deben demarcar líneas en zig zag en el sentido del eje de la calzada, desde 20 m antes de la línea de detención.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 40).

**Figura 74**

*Línea de Cruce Cebra con Líneas en Zig Zag*



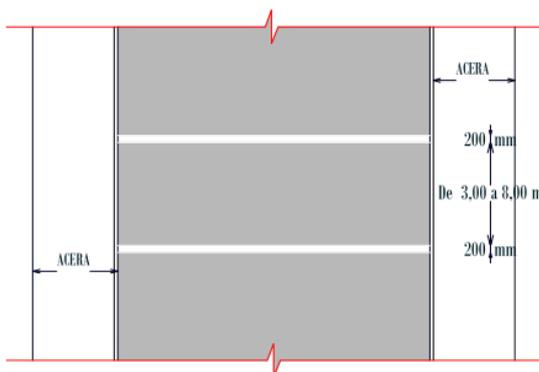
**Nota.** Previenen la llegada de un cruce peatonal tipo cebra. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 40).

- **Líneas de cruce controlados con semáforos peatonal y/o vehicular:** “Zonas en donde los peatones tienen derecho de cruce en forma temporal.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 43).

“La demarcación se forma con 2 líneas blancas paralelas continuas de un ancho de 200 mm, separadas entre sí por una distancia mínima de 3,00 m.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 43).

**Figura 75**

*Línea de Cruce Cebra con Semáforos Peatonales*



**Nota.** Líneas separadas 3 metros. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 43).

### 8.2.1.3. Símbolos y leyendas

“Se emplean tanto para guiar y advertir al usuario como para regular la circulación. Se incluye en este tipo de señalización, FLECHAS, TRIÁNGULOS CEDA EL PASO y leyendas tales como PARE, BUS, CARRIL EXCLUSIVO, SOLO TROLE, TAXIS, PARADA BUS, entre otros.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 5).

Se clasifican en flechas, leyendas y otros símbolos.

- **Flechas:** “Las flechas señalizadas en el pavimento, indica y advierte al conductor la dirección y sentido obligatorio que deben seguir los vehículos que transitan por un carril de circulación en la inmediata intersección.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 49).

**Tabla 109**

*Símbolos y Leyendas (Flechas)*

| Nº | Descripción de requerimientos   | 2 carriles   | 3 carriles |
|----|---|--------------|------------|
| 1  | Maniobras legales si no hay flechas   |              |            |
| 2  | Maniobra legal de virar a la izquierda desde el carril izquierdo  |              |            |
| 3  | Maniobra legal de virar a la derecha desde el carril derecho  |              |            |
| 4  | Demarcaciones para dos carriles exclusivos de virar a la izquierda  |              |            |
| 5  | Demarcaciones para dos carriles exclusivos de virar a la derecha  |              |            |
| 6  | Demarcaciones para movimientos compartidos de virar a la izquierda y seguir recto desde el carril adyacente de virar a la izquierda |              |            |
| 7  | Demarcaciones para movimientos compartidos de virar a la derecha y seguir recto desde el carril adyacente de virar a la derecha     |              |            |
| 8  | Demarcaciones para movimientos compartidos de virar a la izquierda y seguir recto desde el  | No se aplica |            |

|    |   |  |   |
|----|---|--|---|
| 9  | carril adyacente a dos carriles exclusivos de virar a la izquierda<br>Demarcaciones para movimientos compartidos de virar a la derecha y seguir recto desde el carril adyacente a dos carriles exclusivos de virar a la derecha | No se aplica   |  |
| 10 | Demarcaciones para indicar prohibiciones de virar a la izquierda (también se debe instalar señal vertical)  |  |  |
| 11 | Demarcaciones para indicar prohibiciones de virar a la derecha (también se debe instalar señal vertical)  |  |  |

**Notas.** Las líneas continuas significan flechas a ser demarcadas, mientras que las líneas segmentadas comunican las maniobras que son permitidas por este reglamento, por lo tanto, no es necesario demarcarlas y en algunas aproximaciones a intersecciones, pueden ser necesario combinar dos o más de los métodos de demarcaciones indicadas.

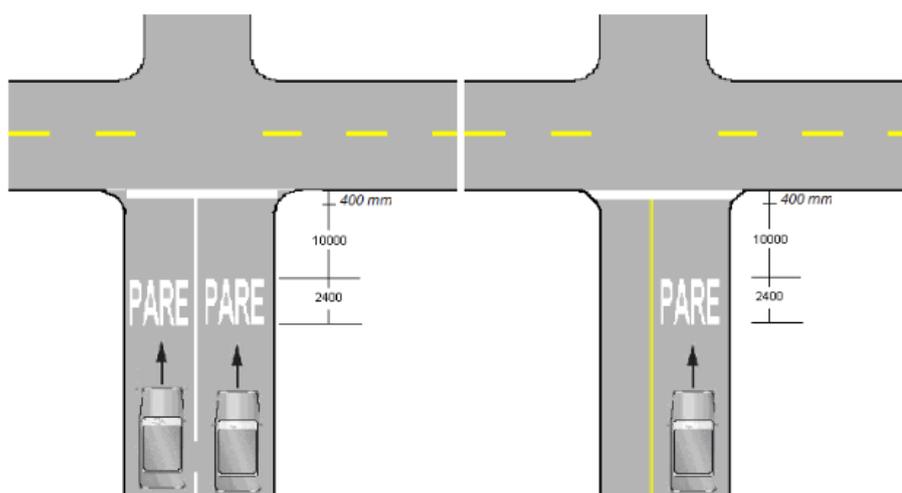
Fuente: (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 50).

- **Leyendas:** “Palabras, números y símbolos son demarcados en el pavimento para dar mensajes de guía, preventivos o regulatorios, estos deben ser alargados en la dirección del movimiento del tránsito para que puedan ser legibles a máximas distancias.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 56).

Por ejemplo, las señales más características son las del “PARE”, “SOLO BUS”, “TELEPEAJE”, aunque existen otras de acuerdo a la exigencia de la vía.

**Figura 76**

*Señalizaciones PARE*



**Nota.** Letras pintadas en la calzada, 10 metros antes de la intersección. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 57).

- **Otros símbolos:** “Estos corresponden a señales utilizadas para regular la circulación o advertir de riesgos en la vía.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 58). Por ejemplo, se tiene el símbolo de ceda el paso, para regular la velocidad máxima, prohibido estacionar y símbolo de estacionamiento exclusivo para personas con discapacidad.

#### **8.2.1.4. Otras señalizaciones**

“Estas demarcaciones se aplican en casos especiales, según su uso y tipo se define su forma color y ubicación.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 66).

Se clasifican en achurados, achurados en bermas, chevrones, señalizaciones de aproximación a obstáculos, rejilla, vía carril bus, parada de buses y taxis, reductores de velocidad, señalización de estacionamientos.

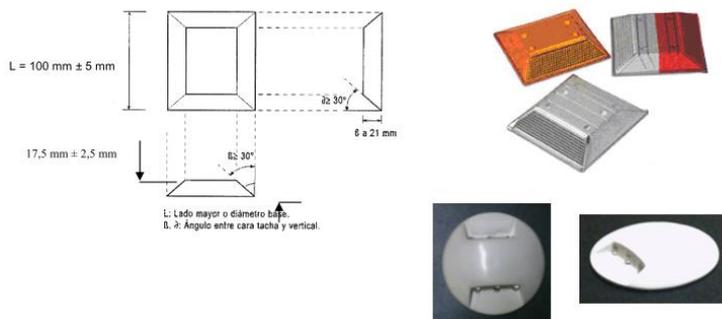
La clasificación según su altura, son complementos de señalización horizontal, las mismas que tienen dimensiones de más de 6 mm, hasta 200 mm de altura. “El hecho de que esta señalización sea elevada aumenta su visibilidad, especialmente al ser

iluminada por la luz proveniente de los focos de los vehículos, aún en condiciones de lluvia, situación en la cual generalmente, la señalización plana no es eficaz.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 5).

“Tratándose de señalización complementaria “ojos de gato, tachas”, su lado mayor o el diámetro de su base, debe ser de 100 mm con tolerancia de  $\pm 5$  mm; con altura de 17,5 mm con tolerancia de  $\pm 2,5$  mm. Además, ninguna de sus caras debe formar un ángulo mayor a 60° con la horizontal.” (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 7).

### Figura 77

#### *Señalización Complementaria Ojos de Gato, Tachas*



**Nota.** Tachas unidireccionales y bidireccionales ubicadas cada 12 metros. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-2, 2011, pág. 7).

### 8.3. Señalización vertical

Comprende “dispositivos instalados a los lados o sobre un camino, presentando letreros que alertan al usuario. Pueden ser regulatorias, preventivas de información, delineadoras o para trabajos y propósitos especiales.” (NEVI-12-5-MTOP, 2013, pág. 35). “El diseño de una señal vertical deberá asegurar que las características de tamaño, contraste, color, composición, retroreflectividad e iluminación, estén combinadas de tal forma, que puedan ser entendidas por el usuario.” (NEVI-12-5-MTOP, 2013, pág. 153).

#### **8.3.1. Clasificación de señales verticales**

Se clasifican en tres grupos conforme a su función:

### 8.3.1.1. Señales regulatorias (R)

“Tienen por finalidad comunicar a los usuarios de las vías, las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye una infracción a las normas del tránsito.” (NEVI-12-5-MTOP, 2013, pág. 153).

#### 8.3.1.1.1. Serie de prioridad de paso (R1)

Principalmente son ubicadas en las entradas a una intersección y también en puntos específicos, por lo cual tenemos las siguientes:

- **Pare (R1-1):** “Se instala en las aproximaciones a las intersecciones, donde una de las vías tiene prioridad con respecto a otra, y obliga a parar al vehículo frente a esta señal antes de entrar a la intersección.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 16 ). La leyenda debe ser retroreflectivo de color blanco, al igual que el borde, mientras que el fondo debe ser de color rojo retroreflectivo.

### Figura 78

*Señalización Regulatoria de Serie de Prioridad de Paso PARE (R1-1)*



| Código No. | Dimensiones (mm) | Dimensiones (mm) y serie de letras |
|------------|------------------|------------------------------------|
| R1 - 1A    | 600 x 600        | 200 Ca                             |
| R1 -1B     | 750 x 750        | 240 Ca                             |
| R1 - 1 C   | 900 x 900        | 280 Ca                             |

**Nota.** Señal vertical regulatoria (R1-1A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 16).

- **Ceda el paso (R1-2):** “Se utiliza en aproximaciones a intersecciones donde el tráfico que debe ceder el paso tiene una buena visibilidad sobre el tráfico de la vía mayor (principal).” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 17 ). La leyenda debe ser de color negro, el borde de color rojo retroreflectivo, mientras que el fondo debe ser de color blanco retroreflectivo.

**Figura 79**

*Señalización Regulatoria de Serie de Prioridad de Paso CEDA EL PASO (R1-2)*



| Código No. | Dimensiones (mm) | Dimensiones (mm) y serie de letras |         |
|------------|------------------|------------------------------------|---------|
|            |                  | Línea 1                            | Línea 2 |
| R1 - 2A    | 750              | 120 En                             | 100 Da  |
| R1 - 2B    | 900              | 140 En                             | 120 Da  |
| R1 - 2C    | 1200             | 160 En                             | 140 Da  |

*Nota.* Señal vertical regulatoria (R1-2A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 17).

### 8.3.1.1.2. Serie de movimiento y dirección (R2)

“Obligación de los conductores de circular solo en la dirección indicada por las flechas de las señales.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 19).

- **Una vía (R2-3):** “Esta señal se instala al final de una sección de vía con parterre, para dirigir al tráfico vehicular al carril correcto, esta señal debe ser colocada a por lo menos 3,00 m del filo donde termina el parterre.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 20). La leyenda y borde debe ser de color negro mate, mientras que el fondo debe ser de color blanco retroreflectivo.

**Figura 80**

*Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de Doble Vía Comienza (R2-3)*



| Código No. | Dimensiones (mm) | Dimensiones (mm) y serie de letras |         |
|------------|------------------|------------------------------------|---------|
|            |                  | Línea 1                            | Línea 2 |
| R2-3A      | 450 x 750        | 100 Ea                             | 100 Ea  |
| R2-3B      | 600 x 1050       | 140 Ea                             | 140 Ea  |

*Nota.* Señal vertical regulatoria (R2-3A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 20).

- **Ceda el paso a los peatones (R2-4):** “Esta señal se instala en intersecciones controladas con semáforos, en donde por su geometría vial, los cruces peatonales no son paralelos a la vía desde la cual los vehículos viran para cruzarlos, y por tanto es necesario indicar a los conductores que viran a la izquierda o derecha, que, a pesar de tener la luz verde, deben ceder el derecho de vía a los peatones.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 20). La leyenda y borde debe ser de color negro mate, mientras que el fondo debe ser de color blanco retroreflectivo.

### Figura 81

*Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de Ceda el Paso a los Peatones (R2-4)*



| Código No. | Dimensiones (mm) | Dimensiones (mm) y serie de letras |
|------------|------------------|------------------------------------|
| R2-4       | 600 X 600        | 100 Ca                             |

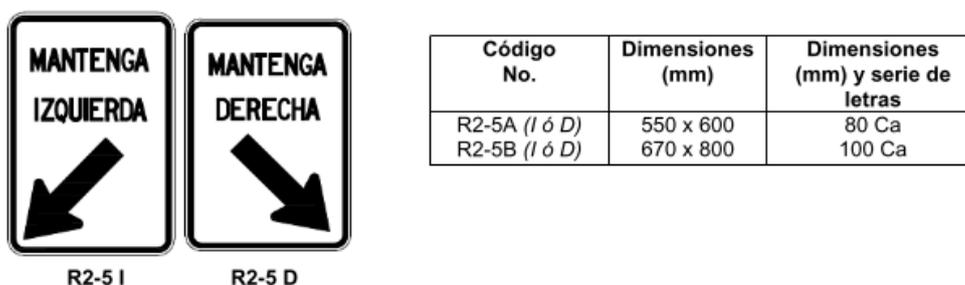
*Nota.* Señal vertical regulatoria (R2-4). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 20).

- **Mantenga izquierda (R2-5I); o derecha (R2-5D):** “Se usa para indicar a los conductores que deben continuar circulando por el lado de la calzada indicado por la flecha.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 21).

“Se instala al inicio de isletas de canalización, parterre y otros, a una altura no superior a 1,00 m sobre la vía, frente al flujo que se quiere encauzar. No debe instalarse en redondeles.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 21). La leyenda, flecha y borde debe ser de color negro mate, mientras que el fondo debe ser de color blanco retroreflectivo.

**Figura 82**

*Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de Mantenga Izquierda (R2-5I), (R2-5D)*

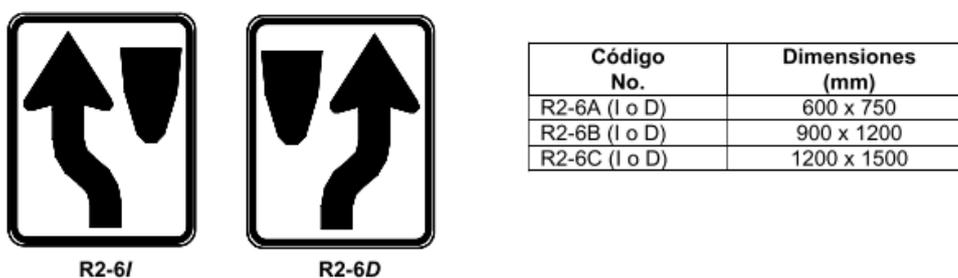


*Nota.* Señal vertical regulatoria (R2-5A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 21).

- **Circular carril izquierdo o derecho de parterre (R2-6I) (R2-6D):** “Esta señal debe ser usada en lugares donde es necesario que el tráfico pase solamente por la derecha y/o por la Izquierda de un parterre.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 21). La leyenda y orla deben ser de color negro, mientras que el fondo debe ser de color blanco retroreflectivo.

**Figura 83**

*Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de Circular Carril Izquierdo o Derecho de Parterre (R2-6I) (R2-6D)*



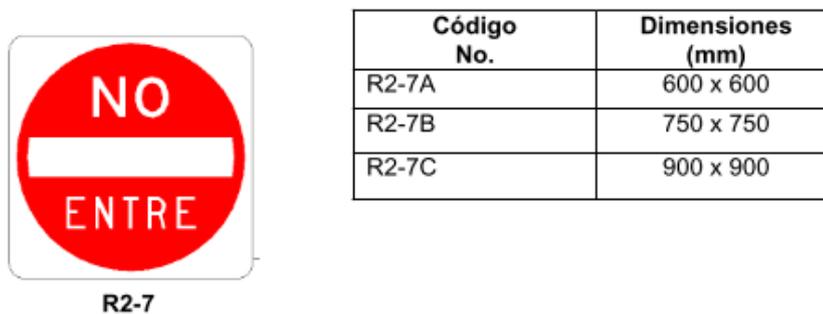
*Nota.* Señal vertical regulatoria (R2-6A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 21).

- **No entre (R2-7):** “Esta señal prohíbe la continuación del movimiento directo del flujo vehicular que se aproxima, más allá del lugar en que ella se encuentra instalada.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 21).

“Se debe usar en rampas de salida de carreteras y autopistas; al llegar a la conexión con vías convencionales para evitar la entrada en contra del sentido de tránsito, se recomienda su uso en intersecciones en “Y” de vías con sentidos únicos.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 21). La leyenda y fondo deben ser de color blanco retroreflectivo, mientras que su símbolo circular tiene un color rojo retroreflectivo.

#### Figura 84

*Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de No Entre (R2-7)*



**Nota.** Señal vertical regulatoria (R2-7A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 22).

- **No virar en U (R2-8):** “Esta señal indica al conductor que no puede virar y regresar por la vía en que venía. Se emplea cuando el viraje en “U” puede ocasionar congestión y peligro a los flujos de tránsito; o, cuando el radio de giro es pequeño y la maniobra constituye un factor de riesgo.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 22). El símbolo y orla son de color negro, mientras que su fondo debe tener un color blanco retroreflectivo, y su círculo con diagonal es de color rojo retroreflectivo.

**Figura 85**

*Señalización Regulatoria de Serie de Movimiento y Dirección de No Virar en U (R2-8)*



**R2-8**

| Código No. | Dimensiones (mm) |
|------------|------------------|
| R2-8A      | 600 x 600        |
| R2-8B      | 750 x 750        |
| R2-8C      | 900 x 900        |

*Nota.* Señal vertical regulatoria (R2-8A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 22).

**8.3.1.1.3. Serie de límites máximos (R4)**

- **Límite máximo de velocidad (R4-1):** “Esta señal se utiliza para indicar la velocidad máxima permitida en un tramo de vía, cuando dicho límite difiere de los establecidos en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial y su Reglamento General de Aplicación.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 36). Los límites de velocidad máxima se pueden representar en múltiplos de 10.

**Figura 86**

*Señalización Regulatoria de Serie de Límites de Velocidad (R4-1)*



| Código No. | Dimensiones (mm) |
|------------|------------------|
| R4-1 A     | 600 x 600        |
| R4-1 B     | 750 x 750        |
| R4-1 C     | 900 x 900        |

*Nota.* Señal vertical regulatoria (R4-1A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 37).

- **Reduzca la velocidad (R4-4):** “Esta señal debe utilizarse en sitios donde la velocidad de aproximación es alta y se requiriere la reducción de la velocidad de circulación por una probable detención más adelante.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 38).

**Figura 87**

*Señalización Regulatoria de Serie de Límites Máximos de Reduzca la Velocidad (R4-4)*



| Código No. | Dimensiones (mm) |
|------------|------------------|
| R4-4 A     | 750x600          |
| R4-4 B     | 900x1200         |
| R4-4 C     | 1500x1200        |

*Nota.* Señal vertical regulatoria (R4-4A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 38).

**8.3.1.1.4. Series de estacionamiento (R5)**

“Se utilizan para informar a los conductores, de las restricciones o facilidades de estacionamiento que tienen en las vías.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 40).

“Estas señales, se instalan con las caras a 30° con respecto al bordillo de la vereda, las leyendas deben estar orientadas para los conductores que circulan por el lado derecho de las calzadas.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 40).

- **No estacionar (R5-1a) - (R5-1b) - (R5-1c):** “Esta señal se utiliza para indicar la prohibición de estacionar a partir del lugar donde se encuentre instalada, en el sentido indicado por las flechas, hasta la próxima intersección.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 41).

**Figura 88**

*Señalización Regulatoria de Estacionamientos: No Estacionar (R5-1)*



| Código No. | Dimensiones (mm) |
|------------|------------------|
| R5-1a A    | 600 x 600        |
| R5-1b B    | 750 x 750        |
| R5-1c C    | 900 x 900        |

*Nota.* Señal vertical regulatoria (R5-1a A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 41).

- **Parada de bus (R5-6):** “Tiene por objeto indicar el área donde los buses de transporte público deben detenerse para tomar y/o dejar pasajeros.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 44).

**Figura 89**

*Señalización Regulatoria de Estacionamientos: Parada de Bus (R5-6)*



| Código No. | Dimensiones (mm) |
|------------|------------------|
| R5-6       | 450 X 600        |

*Nota.* Señal vertical regulatoria (R5-6). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 44).

### 8.3.1.2. Señales preventivas “advertencia de peligro” (P)

“Denominadas también señales de advertencia de peligro, tienen como propósito alertar a los usuarios, la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones especiales que se encuentra más adelante en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.” (NEVI-12-5-MTOP, 2013, pág. 153).

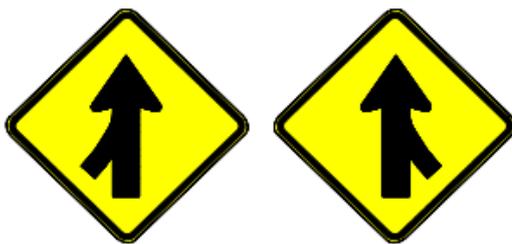
### 8.3.1.2.1. Serie de intersecciones y empalmes (P2)

“Las señales de la serie de intersección y empalme se usan donde los conductores pueden tener dificultad para apreciar la presencia o configuración de una intersección importante situada más adelante.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 54).

- **Incorporación de tránsito izquierdo (P2-8I) - derecho (P2-8D):** “Esta señal advierte al conductor de la existencia más adelante de una confluencia o ingreso de tránsito a la vía por la izquierda ó por la derecha.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 57).

#### Figura 90

*Señalización Preventiva de Intersecciones y Empalmes: Incorporación de Tránsito Izquierdo (P2-8I) - Derecho (P2-8D)*



| Código        | Dimensiones (mm) |
|---------------|------------------|
| P2-8A (I ó D) | 600 x 600        |
| P2-8B (I ó D) | 750 x 750        |
| P2-8C (I ó D) | 900 x 900        |

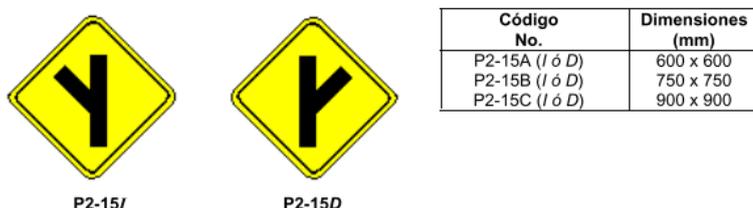
*Nota.* Señal vertical preventiva (P2-8A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 57).

- **Bifurcación izquierda (P2-15I) - derecha (P2-15D):** “Esta señal previene al conductor de la existencia más adelante de una bifurcación a la izquierda ó a la derecha.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 60).

“Debe ser utilizada cuando existe un empalme de vía cuya función es exclusivamente la de permitir la salida de tránsito de la corriente de tránsito principal.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 60).

## Figura 91

*Señalización Preventiva de Intersecciones y Empalmes: Bifurcación Izquierda (P2-15I) - Derecha (P2-15D)*

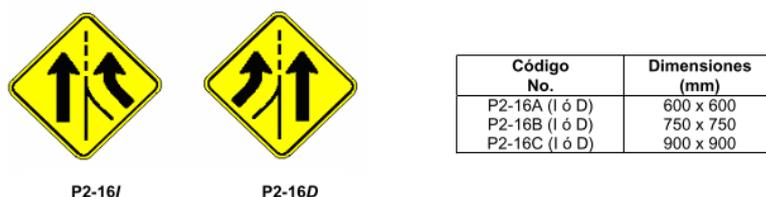


**Nota.** Señal vertical preventiva (P2-15A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 60).

- **Incorporación de carril adicional (P2-16I)- (P2-16D):** “La señal de incorporación de carril adicional advierte a los conductores que se aproximan a un punto donde habrá el incremento de un carril de circulación para el tráfico que se incorpora a la vía.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 61).

## Figura 92

*Señalización Preventiva de Intersecciones y Empalmes: Incorporación de Carril Adicional (P2-16I)- (P2-16D)*



**Nota.** Señal vertical preventiva (P2-16A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 61).

- **Aproximación a redondel (P2-17):** “Esta señal previene al conductor de la existencia más adelante de un redondel, en donde debe ceder el paso antes de ingresar al mismo; y se deberá ubicar en cada una de las aproximaciones. No

deberá usarse cuando el redondel sea semaforizado.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 61).

**Figura 93**

*Señalización Preventiva de Intersecciones y Empalmes: Aproximación a Redondel (P2-17)*



| Código No. | Dimensiones (mm) |
|------------|------------------|
| P2-17A     | 600 x 600        |
| P2-17B     | 750 x 750        |
| P2-17C     | 900 x 900        |

*Nota.* Señal vertical preventiva (P2-17A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 61).

**8.3.1.2.2. Serie de aproximación a dispositivos de control de tránsito (P3)**

- **Aproximación a semáforo (P3-4):** “Esta señal previene al conductor de la existencia más adelante de un cruce controlado con semáforo por lo que deberá tomar las precauciones para detener el vehículo en caso de que dicho dispositivo indique luz roja.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 66).

**Figura 94**

*Señalización de Serie de Aproximación a Dispositivos de Control de Tránsito: Aproximación a Semáforo (P3-4)*



| Código No. | Dimensiones (mm) |
|------------|------------------|
| P3-4A      | 600 x 600        |
| P3-4B      | 750 x 750        |
| P3-4C      | 900 x 900        |

*Nota.* Señal vertical preventiva (P3-4A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 67).

### 8.3.1.2.3. Serie de anchos, alturas, largos y pesos (P4)

“Estas señales previenen al conductor de la existencia más adelante de limitaciones en el ancho, altura, largos y peso que tiene la calzada de circulación.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 67).

- **Aproximación a parterre (P4-6):** “Esta señal debe utilizarse en aproximaciones a parterres, isletas o bordillos centrales en la vía.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 69).

#### Figura 95

##### Aproximación a Parterre (P4-6)



P4-6

| Código No. | Dimensiones (mm) |
|------------|------------------|
| P4-6A      | 600 x 600        |
| P4-6B      | 750 x 750        |
| P4-6C      | 900 x 900        |

**Nota.** Señal vertical preventiva (P4-6A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano

(RTE INEN 004-1, 2011, pág. 69).

### 8.3.1.3. Señales informativas

“Tienen como propósito guiar a los usuarios y entregarles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible.” (NEVI-12-5-MTOP, 2013, pág. 154).

“En vías rurales de carriles múltiples y en vías urbanas con más de dos carriles en la misma dirección, letra mayúscula 240 E modificada con letras minúsculas de 180 mm.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 95).

#### 8.3.1.3.1. Nombres de avenidas y calles (Nomenclaturas) (I1-3b)

“Las señales de nombres de avenidas y calles (I1-3ba e I1-3bb) indican a los usuarios viales los nombres de avenidas y calles por las cuales están circulando. Estas señales

son de competencia de los Municipios y/o gobiernos locales.” (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 104).

- **Nombres de calles (I1-3bc; I1-3bd):** Las señales de nombres de calles deberían ser instaladas en áreas urbanas en todas las intersecciones de la calle sin tener en cuenta las señales de otras rutas que puedan estar presentes. (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 105).

**Figura 96**

*Señalización de Nombre de Calles*



*Nota.* Señal vertical informativa, nombre de avenida y calles. Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 105).

**8.3.1.3.2. Serie de carreteras y/o autopistas**

Señal con código de ruta, lugar de destino y flecha de asignación de carril (I1-4a2).

**Figura 97**

*Señalización de Lugar de Destino*



*I1-4a2*

| Código No. | Dimensión (mm) |
|------------|----------------|
| I1-4a2 A   | *              |
| I1-4a2 B   |                |

*Nota.* Señal vertical informativa (Ia-4a2 A). Fuente: Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 004-1, 2011, pág. 109).

## **8.4. Especificaciones técnicas**

En el presente proyecto se detallarán las especificaciones, de acuerdo a la normativa NEVI-12-3-MTOP, que se encuentra desde a página 756 hasta la página 769, para señalización horizontal y vertical.

### ***8.4.1. Especificaciones respecto a la señalización horizontal***

#### **8.4.1.1. Marcas permanentes del pavimento**

##### ***8.4.1.1.1. Generales***

“Las superficies en las cuales las marcas serán aplicadas, estarán limpias, secas y libres de polvo, de suciedad, de acumulación de asfalto, de grasa u otros materiales nocivos.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 757).

“Todas las marcas presentarán un acabado nítido uniforme, y una apariencia satisfactoria tanto de noche como de día, caso contrario, serán corregidas por el Contratista hasta ser aceptadas por el Fiscalizador y sin pago adicional.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 757).

##### ***8.4.1.1.2. Método de medida***

Las aceptaciones de cantidades respecto a marcas en el pavimento se medirán de la siguiente forma:

a) **Método lineal:** “Las cantidades a pagarse serán aquellas medidas linealmente en metros o kilómetros de marcas en el pavimento, y se medirán sobre la línea eje del camino o sobre las franjas, de principio a fin, sean estas entrecortadas o continuas.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 760).

b) **Método Unitario:** “La cantidad a pagarse será el verdadero número de unidades (tales como flechas, símbolos, leyendas, MPS, etc.) de los tipos y tamaños especificados en el contrato, que han sido suministrados, terminados y aceptados por el Fiscalizador.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 761).

#### **8.4.1.1.3. Pago**

“Las cantidades entregadas y aceptadas en la forma que se indicó anteriormente, se pagarán al precio unitario establecido en el contrato.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 761).

### **8.4.2. Especificaciones respecto a la señalización vertical**

#### **8.4.2.1. Semáforos y sistema de iluminación**

##### **8.4.2.1.1. Generales**

“Cuando las vías permanezcan abiertas al tráfico y los semáforos y el alumbrado existente deban ser modificados, el sistema existente permanecerá en operación el mayor tiempo posible para reducir al mínimo las interrupciones en el tráfico.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 763).

“Si fuere del caso, previamente a la iniciación de los trabajos, se notificará a la policía local para que informe si algún semáforo va a ser puesto fuera de servicio o reubicado.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 762).

##### **8.4.2.1.2. Método de medida**

“No se efectuará parcialmente por ninguno de los ítems, pues el trabajo se pagará como suma global según lo definido en estas especificaciones.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 764).

##### **8.4.2.1.3. Pago**

“Las cantidades aceptadas de acuerdo a lo indicado anteriormente, se pagarán al precio establecido en el contrato por la unidad de medida que, para cada rubro listado, se indica a continuación de la oferta.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 765).

## **8.4.2.2. Señales al lado de la carretera**

### **8.4.2.2.1. Descripción**

“Este trabajo consistirá en el suministro e instalación de señales completas, adyacentes a la carretera, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales, las instrucciones del Fiscalizador y el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 004 Señalización vial. Parte1.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 768).

### **8.4.2.2.2. Instalación de postes**

“Cada una de las diferentes señales deberá cumplir con los diseños, dimensiones, alturas y ubicación respecto a la vía como se indica en el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 004 Señalización vial. Parte1. Señalización Vertical.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 768).

### **8.4.2.2.3. Instalación de placas para señales**

“Las placas o láminas para señales se montarán en los postes, de acuerdo con los detalles que se muestren en los planos. Cualquier daño a los tableros, sea suministrado por el Contratista o por el Ministerio, deberá ser reparado por el Contratista y a satisfacción del Fiscalizador.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 768).

### **8.4.2.2.4. Medición**

“Las cantidades a pagarse por las señales colocadas al lado de la carretera, serán las unidades completas, aceptablemente suministradas e instaladas.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 769).

### **8.4.2.2.5. Pago**

“Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el suministro, fabricación, transporte e instalación de las señales colocadas al lado de carreteras, que incluye los postes, herraje, cimentaciones y mensajes.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág.

769). Del mismo modo será compensado la mano de obra, materiales, herramientas, equipos y operaciones realizadas para la culminación del trabajo.

## 8.5. Materiales usados para señalización horizontal y vertical

### 8.5.1. Pintura para señalamiento de tránsito

“La pintura empleada para señalamiento del tránsito será del tipo apropiado para la aplicación en superficies que soportan tráfico, tales como pavimentos rígidos y flexibles, adoquines y mampostería o muros de hormigón de cemento hidráulico.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 980).

### 8.5.2. Postes metálicos

“Los postes metálicos serán construidos de tubos de acero o perfiles estructurales y deben cumplir los requisitos estipulados en el numeral 823-2 de estas especificaciones. Los postes podrán ser galvanizados o pintados, según se indique en las disposiciones especiales.” (NEVI-12-3-MTOP, 2013, pág. 985).

## 8.6. Resumen de la ubicación de señalización

La ubicación y especificaciones técnicas de implementación de la señalética se la realizó acatando la normativa RTE-INEN 004. A continuación, se indica el tipo de señal, la abscisa y el código y cada señalética utilizada.

**Tabla 110**

*Datos de Señalización, Sentido de Ampliación Norte - Sur (Lado Derecho)*

| Abscisa | Código | Tipo De Señal                                     |
|---------|--------|---|
| 0+000   | P2-16D | Señal Preventiva – Incorporación de carril        |
| 0+000   | I1-a   | Señal De Información - Sangolquí                  |
| 0+020   | R5-1   | Señal Regulatoria – Prohibido Estacionarse        |
| 0+091   | P2-8D  | Señal Preventiva – Incorporación Transito Derecho |
| 0+154   | R5-6   | Señal Regulatoria – Parada de Bus                 |
| 0+192   | R4-1a  | Señal Regulatoria – Velocidad Máxima              |
| 0+316   | R5-1   | Señal Regulatoria – Prohibido Estacionarse        |
| 0+413   | R5-1   | Señal Regulatoria - Prohibido Estacionarse        |
| 0+448   | R4-1a  | Señal Regulatoria – Velocidad Máxima              |
| 0+528   | R5-1   | Señal Regulatoria - Prohibido Estacionarse        |
| 0+622   | P3-4   | Señal Preventiva-Aproximación a semáforo          |
| 0+636   | R5-6   | Señal Regulatoria - Parada de Bus                 |

|       |       |  |
|-------|-------|--|
| 0+775 | P2-8D | Señal Preventiva – Incorporación Transito Derecho    |
| 0+793 | P3-4  | Señal Preventiva - Aproximación a semáforo           |
| 0+829 | R5-6  | Señal Regulatoria - Parada de Bus                    |
| 0+913 | R5-1  | Señal Regulatoria - Prohibido Estacionarse           |
| 0+994 | P2-8D | Señal Preventiva - Incorporación de Transito Derecho |
| 1+005 | R5-6  | Señal Regulatoria - Parada de Bus                    |
| 1+025 | R5-1  | Señal Regulatoria - Prohibido Estacionarse           |
| 1+092 | P2-8D | Señal Preventiva - Incorporación de Transito Derecho |
| 1+115 | R5-1  | Señal Regulatoria - Prohibido Estacionarse           |
| 1+230 | R5-6  | Señal Regulatoria - Parada de Bus                    |

**Nota.** Resumen de ubicación de señalizaciones regulatorias, preventivas, e informativa.

Elaborado por: El autor.

**Tabla 111**

*Datos De Señalización, Sentido de Ampliación Norte - Sur (Parterre)*

| Abscisa | Código | Tipo De Señal                              |
|---------|--------|--|
| 0+097   | R2-8   | Señal Regulatoria – No Virar en U          |
| 0+117   | P2-15D | Señal Preventiva - Bifurcación Derecha     |
| 0+215   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U          |
| 0+324   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U          |
| 0+419   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U          |
| 0+531   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U          |
| 0+610   | P3-4   | Señal Preventiva – Aproximación a semáforo |
| 0+632   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U          |
| 0+849   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U          |
| 0+999   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U          |
| 1+124   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U          |
| 1+213   | P2-17  | Señal Preventiva – Aproximación a Redondel |
| 1+260   | I1-a   | Señal De Información - Sangolquí           |

**Nota.** Resumen de ubicación de señalizaciones regulatorias, preventivas, e informativa.

Elaborado por: El autor.

**Tabla 112**

*Datos De Señalización, Sentido Sur – Norte (Lado derecho)*

| Abscisa | Código | Tipo De Señal  |
|---------|--------|--|
| 0+112   | R5-1   | Señal Regulatoria – Prohibido Estacionarse           |
| 0+138   | P2-8D  | Señal Preventiva– Incorporación de Tránsito Derecho  |
| 0+195   | R5-6   | Señal Regulatoria – Parada de Bus                    |
| 0+344   | P2-8D  | Señal Preventiva - Incorporación de Tránsito Derecho |
| 0+436   | P2-8D  | Señal Preventiva - Incorporación de Tránsito Derecho |
| 0+488   | R4-1a  | Señal Regulatoria – Velocidad Máxima                 |
| 0+551   | P2-8D  | Señal Preventiva- Incorporación de Tránsito Derecho  |
| 0+687   | R5-6   | Señal Regulatoria - Parada de Bus                    |
| 0+708   | P3-4   | Señal Preventiva – Aproximación a Semáforo           |

|       |       |  |
|-------|-------|--|
| 0+813 | R4-1a | Señal Regulatoria – Velocidad Máxima                 |
| 0+885 | R5-6  | Señal Regulatoria – Parada de Bus                    |
| 0+908 | P3-4  | Señal Preventiva-Aproximación a Semáforo             |
| 1+009 | R5-1  | Señal Regulatoria – Prohibido Estacionarse           |
| 1+076 | P2-8D | Señal Preventiva - Incorporación de Tránsito Derecho |

**Nota.** Resumen de ubicación de señalizaciones regulatorias y preventivas. Elaborado por: El autor.

**Tabla 113**

*Datos De Señalización, Sentido Sur – Norte (Parterre)*

| Abscisa | Código | Tipo De Señal                     |
|---------|--------|-----------------------------------|
| 0+140   | R2-8   | Señal Regulatoria – No Virar en U |
| 0+208   | R2-8   | Señal Regulatoria – No Virar en U |
| 0+343   | R2-8   | Señal Regulatoria – No Virar en U |
| 0+434   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U |
| 0+447   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U |
| 0+678   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U |
| 0+871   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U |
| 1+019   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U |
| 1+139   | R2-8   | Señal Regulatoria - No Virar en U |

**Nota.** Resumen de ubicación de señalizaciones regulatorias. Elaborado por: El autor.

## 8.7. Determinación de cantidades

Las cantidades de señalética utilizada se resume en las siguientes tablas:

**Tabla 114**

*Resumen de Cantidades de Señalización Vertical*

| Resumen De Señalización   | Cantidad |
|---|----------|
| Señal de información - letreros de 1.80x0.60  | 2        |
| Señal preventiva – Incorporación de carril (P2-16D) - letreros de 0.60x0.60         | 1        |
| Señal regulatoria – Prohibido estacionarse (R5-1) - letreros de 0.60x0.60           | 9        |
| Señal preventiva – Incorporación de tránsito derecho (P2-8D)- letreros de 0.60x0.60 | 8        |
| Señal regulatoria – No virar en U (R2-8) - letreros de 0.60x0.60                    | 18       |
| Señal regulatoria – Parada de bus (R5-6)- letreros de 0.60x0.60                     | 7        |
| Señal preventiva – Aproximación a redondel (P2-17) - letreros de 0.60x0.60          | 1        |
| Señal regulatoria – Velocidad máxima (R4-1a) - letreros de 0.60x0.60                | 4        |
| Señal preventiva - Bifurcación derecha (P2-15D) - letreros de 0.60x0.60             | 1        |
| Señal preventiva – Aproximación a semáforo (P3-4) - letreros de 0.60x0.60           | 4        |

**Nota.** Se presenta un total de 55 señaléticas verticales. Elaborado por: El autor.

**Tabla 115***Resumen de Cantidades de Señalización Global*

| <b>Descripción</b>  | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> |
|---|---------------|-----------------|
| Letreros de 0.60 x 0.60 m.  | u             | 53              |
| Letreros de 1.80 x 0.60 m.  | u             | 2               |
| Pintura de pavimento (lateral continua color amarillo) acrílica 12cm  | m             | 5064            |
| Pintura de pavimento (central segmentado color blanco) acrílica 12 cm | m             | 1170            |
| Tachas reflectivas blancas unidireccionales                           | u             | 303             |

**Nota.** Resumen de señalización horizontal y vertical. Elaborado por: El autor.

Se presenta como anexos de este capítulo, el plano de ubicación de señalética horizontal y vertical.

## CAPÍTULO IX

### 9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

#### 9.1. Introducción

La finalidad del presente estudio de impacto ambiental, es establecer la línea base, es decir, describir la zona de influencia directa e indirecta del proyecto con el objetivo de valorar los impactos que se pueden presentar en los elementos del medio ambiente. Al valorar o evaluar los impactos ambientales, pudiendo ser estos positivos, negativos, temporales, permanentes, directos, indirectos o irreversibles, dada la ejecución de la construcción.

Por otro lado, se presenta un plan de manejo ambiental que estará regido por medidas ambientales como la identificación y evaluación de impactos ambientales, además de adjuntarse un cronograma y un presupuesto para su puesta en funcionamiento, lo mencionado se realizará respecto al trazado definitivo, ya que es factible su ejecución del proyecto, la misma que está delimitada entre la Academia de Guerra y el centro comercial River Mall, cabe mencionarlo ya que se debe tener en cuenta el área del proyecto para el estudio de impacto ambiental.

#### 9.2. Ficha ambiental

**Tabla 116**

*Ficha Ambiental: Identificación*

| <b>1.- PROYECTO O ACTIVIDAD</b>   | <b>ACTIVIDAD</b>  |
|---|---|
| Estudio de trazado definitivo para la ampliación vial en la avenida General Enríquez, tramo Sangolquí – San Rafael, con una longitud de 3 km, en la Provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui. | Ampliación y mejoramiento de autopistas, vías de primer, segundo, tercer y cuarto orden |

**Nota.** Actividad a realizarse en el proyecto técnico. Elaborado por: El autor.



| <b>3. EQUIPOS Y ACCESORIOS PRINCIPALES A UTILIZAR</b>   |  |                  |
|---|--|------------------|
| • Estación total  | • Rodillo  | • Motoniveladora |
| • Volquetes   | • Tanquero   | • Asfaltadora    |
| • Herramienta menor   | • Distribuidor de asfalto  | • Cargadora      |
| • Retroexcavadora   | 9.   | • Concretara     |
| <b>OBSERVACIONES:</b>   |  |                  |
| <b>4. DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA UTILIZADA</b>   |  |                  |
| Los materiales que se utilizarán en el proyecto de ampliación y mejoramiento vial son:  |  |                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Base clase 2</li> <li>• Sub-base clase 1</li> <li>• Emulsión CSS-1 H para riego de adherencia</li> <li>• Imprimación asfalto RC-250</li> <li>• Carpeta asfáltica e=10.00 [cm]</li> <li>• Hormigón simple <math>f'c=180</math> [kg/cm<sup>2</sup>]</li> <li>• Hormigón simple <math>f'c=210</math> [kg/cm<sup>2</sup>]</li> <li>• Encofrado</li> <li>• Agua</li> <li>• Estacas</li> <li>• Pintura para marcas de pavimento</li> <li>• Tachas reflectivas</li> <li>• Tubería PVC de D=300 mm.</li> </ul> |  |                  |
| <b>5. REQUERIMIENTO DE PERSONAL</b>   |  |                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero Civil (Residente de obra)</li> <li>• Fiscalizador</li> <li>• Topógrafo</li> <li>• Maestro de obra.</li> <li>• Chofer profesional</li> <li>• Operador de maquinaria pesada</li> <li>• Albañil</li> <li>• Peón</li> <li>• Cadenero</li> </ul>  |  |                  |
| <b>6. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO / ESPACIO FÍSICO CONSTRUCCIÓN</b>   |  |                  |
| <b>Espacio físico (m<sup>2</sup>):</b> 22887 [m <sup>2</sup> ]  | <b>Consumo de agua:</b> Agua entubada                            |                  |
| <b>Tipo de terreno:</b> Plano   | <b>Consumo de energía eléctrica:</b> Red pública                 |                  |
| <b>Telefonía:</b> Celular   | <b>Acceso vehicular:</b> Vías de primer, segundo y tercer orden. |                  |
| <b>Facilidades de transporte:</b> Se evidencia que los sectores estudiados cuentan con el servicio de transporte interparroquial, intercantonal, servicio de taxis y camionetas para su traslado.   |  |                  |
| <b>Observaciones:</b> Los predios en los cuales se realizará la intervención del proyecto vial, son terrenos privados.  |  |                  |

*Nota.* Parámetros y características del proyecto de ampliación. Elaborado por: El autor.

### **9.3. Marco legal ambiental**

En nuestro país cuenta con un marco jurídico ambiental que posee varios reglamentos y normas que deben llevarse a cabo con responsabilidad, los mismos que se presentan a continuación:

- Constitución de la República del Ecuador - Publicado en el Registro Oficial N° 449 del 20 de octubre de 2008. Art.14, 15, 66, 71, 86, 87, 88, 89, 91, 397.
- Ley de Gestión Ambiental - Publicada en el Registro Oficial Suplemento # 418, del 10 de septiembre del 2004. Art. 12, 19, 20, 21.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental - R.O. Suplemento 418 del 10-septiembre-2004. Art. 1, 6, 10.
- Ley de Caminos - Publicado en el Decreto Supremo 1351, Registro Oficial N° 285 del 7 de Julio de 1964.
- Ley Orgánica de Salud - Publicado en la Ley 67, Registro Oficial Suplemento N° 423 del 22 de diciembre de 2006. Art. 15,16, 95.
- Código del Trabajo- Publicado en la Codificación 17, Registro Oficial Suplemento N° 167 del 16 de diciembre del 2005, Art. 42.
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto 2393 R.O. No. 249 del 03 de febrero de 1998, Art. 11, 164.
- Código Penal - Publicado en el Registro Oficial, Suplemento N° 147, del 22 de enero de 1971. Desde el año 2000 se incluye los “Delitos contra el Medio Ambiente”. Contiene hasta la reforma del 18 de marzo del 2011, Actualizado a junio 2011.

## **9.4. Descripción del proyecto**

El proyecto en estudio se encuentra ubicado al Sur de la Provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, entre las parroquias de Sangolquí, San Rafael y el Sector del Triángulo, posee una altitud de 2500 msnm, además el cantón cuenta con una extensión de 139 km<sup>2</sup>. Actualmente la geometría y el estado de la avenida General Enríquez respecto al estudio de trazado definitivo cuenta con un ancho promedio de calzada igual a 3.60 metros para cada sentido, la capa de rodadura se aprecia totalmente desgastada, presentando baches, piel de cocodrilo, descascaramientos, etc., en toda su longitud, para el drenaje vial cuenta con sumideros de reja.

La ampliación será a 3 carriles en sentido Norte – Sur, es decir al ingreso a la ciudad de Sangolquí, presentando un ancho de carril igual a 3.5 metros, se mejorará la estructura vial del pavimento para ambos sentidos, al igual que el sistema de drenaje.

La normativa principal que se utilizó para garantizar el correcto funcionamiento en la vida útil del proyecto es la del ministerio de transporte y obras públicas (MTO-2003).

Con respecto a los materiales a utilizar, serán adquiridos en canteras cercanas al proyecto, como por ejemplo las canteras “Construarenas” y “Bonilla”, ubicadas en Pifo y Pintag respectivamente, las mismas que cuentan con certificaciones actualizadas y lo más importante con el material pétreo requerido.

## **9.5. Descripción del proceso**

### ***9.5.1. Identificación de los impactos ambientales***

La identificación, predicción y valoración de los diversos impactos ambientales que se produce en el proyecto existe una diversidad de metodologías, las cuales nos permite reconocer las variables que afectan de manera positiva y negativa.

Los principales métodos utilizados para la identificación de los impactos ambientales de acuerdo a lo manifestado por el autor Guillermo Espinoza, autor del libro *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental* en el año 2007 son: las reuniones de expertos, las “check lists”, las matrices simples de causa y efecto, los diagramas de flujo, la cartografía ambiental, las redes, los sistemas de información geográficos y las matrices, como claro ejemplo es la matriz de Leopold. (Espinoza, 2007, pág. 140).

A continuación, se presenta una tabla de resumen donde se describe el proceso de construcción respecto a la ampliación vial con cada impacto ambiental que este genere.

**Tabla 118**

*Identificación de los Impactos Ambientales del Proyecto*

| INTERACCIÓN EN EL PROCESO   |   |   |
|---|---|---|
| MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS  | PROCESO   | IMPACTOS POTENCIALES  |
| <b>ETAPA DE CONSTRUCCIÓN</b>  |   |   |
| Volquetas para movimiento de tierras y pala Cargadora                                       | Ampliación: excavación y desalojo de la estructura de pavimento desgastado de la vía. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación en la calidad del aire y suelo.</li> <li>- Riesgos de accidentes laborales.</li> <li>- Alteración del paisaje.</li> <li>- Mejor calidad de vida.</li> </ul> |
| Volquetas para transporte de material y Pala Cargadora                                      | Relleno, nivelación y colocación de la nueva estructura de pavimento.                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación en la calidad del aire y suelo.</li> <li>- Riesgos de accidentes laborales.</li> <li>- Alteración del paisaje.</li> <li>- Mejor calidad de vida.</li> </ul> |
| Equipo caminero (motoniveladora, rodillo compactador y tanquero)                            | Compactación de las capas que conforman la estructura del pavimento.                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación en la calidad del aire y suelo.</li> <li>- Riesgos de accidentes laborales.</li> <li>- Mejor calidad de vida.</li> </ul>                                    |
| Volquetas, Pala cargadora para el transporte de material (base), motoniveladora y tanquero. | Tendido, compactación y humedecimiento de la base                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación en la calidad del aire y suelo.</li> <li>- Riesgos de accidentes laborales.</li> <li>- Mejor calidad de vida.</li> </ul>                                    |
| Distribuidora de asfalto y asfaltadora  | Tendido y compactación de asfalto   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación de la calidad del aire.</li> <li>- Riesgos de accidentes laborales.</li> </ul>  |

|  |  |  |
|--|--|--|
| Herramientas menores (picos, palas, azadones y carretillas)              | Construcción de obras de arte menor (bordillos, veredas y sumideros)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejoramiento de la calidad de vida.</li> <li>- Afectación de la calidad del suelo.</li> <li>- Riesgos de accidentes laborales.</li> <li>- Mejor calidad de vida.</li> </ul> |
| Señalética de obra   | Colocación de señalización provisional                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgos de accidentes laborales.</li> </ul>   |
| <b>ETAPA DE OPERACIÓN, ABANDONO Y MANTENIMIENTO</b>                      |  |  |
| Señalética   | Colocación de señalización informativa tanto horizontal como vertical. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgos de accidentes laborales.</li> <li>- Mejoramiento del paisaje.</li> </ul>  |
| Herramientas menores (picos, palas, azadones y carretillas) y señalética | Limpieza general del área del proyecto.                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación de la calidad del aire.</li> <li>- Mejoramiento del paisaje.</li> </ul>  |

*Nota.* Impactos ambientales que genera la construcción. Elaborado por: El autor.

## 9.6. Descripción del área de implantación

### 9.6.1. Área de implantación física

Físicamente el proyecto estará implantado en el cantón Rumiñahui entre las parroquias de Sangolquí y San Rafael, presenta un clima cálido - templado, con una temperatura media anual igual a 15.4°C, además de precipitaciones significativas que están en torno a los 1390mm.

En el sector se dan variedad de productos agrícolas y frutales debido a su excelente clima y buen uso del suelo.

El área de ejecución del proyecto es de 22887 m<sup>2</sup>, lo que conforma la ampliación en sentido Norte – Sur y el mejoramiento de la estructura del pavimento en el sentido contrario, además de la construcción de obras menores como bordillos y restauración de aceras en mal estado.

### 9.6.2. Geomorfología del área de implantación

El área de implantación del proyecto se encuentra ubicada en las partes bajas, las mismas que se componen de niveles casi planos a ondulados por los cauces de

quebradas, a una altura promedio de 2490 m.s.n.m. Geológicamente formado por andesitas y basalto feldespático. Los procesos deposicionales y acumulativos se encargaron de dar la forma de relieve como superficies onduladas y llanuras, los mismos que previamente fueron rellenadas por flujos piroclásticos, flujos de ceniza y depósitos laharíticos.

#### **9.6.3. *Uso del suelo en el área de estudio***

En la actualidad el uso de suelo en el área de estudio presenta crecimiento poblacional, por lo que ya se considera un área urbana, aunque cabe mencionar que específicamente en la vía se tiene arboles de eucalipto plantados en la vereda de aproximadamente 50 años y en el parterre se tiene pasto, árboles endémicos de la zona como son el capulí y acacia negra, por otro lado, hace algunos años se usaba ese suelo para cultivar plantas y árboles frutales para su producción.

#### **9.6.4. *Hidrología en el área de influencia del proyecto***

La vía en estudio no recibe directamente el caudal de cuencas, ya que el terreno en estudio es plano y se ubica considerablemente lejos de las cumbres, pero cuenta con dos ríos principales que siguen una trayectoria cerca de la avenida en estudio, los cuales son el río Santa Clara y el río San Pedro.

#### **9.6.5. *Área de implantación biótica***

Esta área se divide en dos, las cuales son flora y fauna, en relación a la flora, actualmente se encuentra en la acera derecha de la vía en sentido Norte –Sur, 48 árboles de eucalipto de aproximadamente 50 años de edad, además en el parterre se tiene 103 árboles entre capulí y acacia negra, siendo esta última la que mayor porcentaje representa, así mismo presenta cultivos de césped en toda el área del parterre. Por otro lado, la fauna es representada principalmente por aves como palomas, tórtolas, colibrís y mirlos, también se hallan insectos rastreros y voladores.

## 9.7. Área de implantación social

### 9.7.1. Población

La población del Cantón Rumiñahui, según el Censo INEC del año 2010 presenta una población total de 85.852 habitantes, se estima que el crecimiento demográfico para este año sea de 115.891 habitantes con una tasa de crecimiento del 3% anual.

### 9.7.2. Infraestructura social

El proyecto en estudio al encontrarse en una zona urbana ya consolidada, con crecimiento turístico y desarrollo productivo cuenta con los servicios públicos de agua potable, sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, además de disponer ecotachos ubicados en sitios estratégicos, los cuales son recogidos por un camión de basura.

## 9.8. Principales impactos ambientales

**Tabla 119**

*Principales Impactos Ambientales*

| <b>PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PROYECTO VIAL</b>  |                                     |                            |   |
|--|-------------------------------------|----------------------------|---|
| <b>Actividad</b>   | <b>Impacto Ambiental</b>            | <b>Positivo / Negativo</b> | <b>Etapas en el Proyecto</b>                      |
| La remoción de cobertura vegetal.<br>Generación de los desechos sólidos.                                     | Afectación a la calidad del suelo.  | Negativo                   | Construcción, operación, abandono y mantenimiento |
| Cambio de uso de suelo.  | Alteración del paisaje.             | Negativo                   | Construcción, operación y Abandono                |
| Generación de emisiones gaseosas<br>Generación de material articulado.<br>Generación de ruido y vibraciones. | Afectación a la calidad del aire.   | Negativo                   | Construcción, Operación y Abandono                |
| Riesgo de accidentes laborales.  | Afectación a la salud.              | Negativo                   | Construcción, operación, abandono y mantenimiento |
| Generación de empleos temporales   | Mejoramiento de la calidad de vida. | Positivo                   | Construcción y mantenimiento                      |
| Mejorar la calidad de vida   | Tránsito seguro y con mayor rapidez | Positivo                   | Construcción, operación, abandono y mantenimiento |

**Nota.** Impactos ambientales positivos y negativos, de acuerdo a las actividades a ejecutarse. Elaborado por: El autor.

## **9.9. Plan de manejo ambiental**

Abarca todas las indicaciones para la supervisión y seguimiento de las actividades que generan afectación a los componentes físicos, biótico, socioeconómico y cultural, con la finalidad de prevenir y atender todos los impactos negativos que ocasione un proyecto en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.

En el plan de manejo ambiental respecto a la ampliación vial a tres carriles de la avenida General Enríquez en la ciudad de Sangolquí se han reconocido los posibles impactos ambientales por lo cual se presentarán medidas de prevención, mitigación y eliminación de los mismos, para de esta manera conseguir que en el desarrollo del proyecto se tenga seguridad y garantía con el medio ambiente.

Se debe tener en cuenta que estas medidas ambientales repercuten mucho en obras civiles, por la cantidad de actividades, personal, maquinaria y equipos que requiere la ejecución de una obra, dependiendo de la magnitud de la misma se debe dar seguimiento responsable a cada trabajo realizado.

El plan de manejo ambiental para ser efectuado, se necesita tener el permiso ambiental, y acatarse a la estructura que exige el ministerio del ambiente, principalmente por medio de fichas de disposiciones ambientales. Por otra parte, el plan ambiental se encuentra dividido en los siguientes sub-planes.

- Plan de prevención y remediación de impactos.
- Plan de manejo de desechos sólidos.
- Plan de instrucción y educación ambiental
- Plan de vinculación comunitaria
- Plan de rehabilitación de áreas perjudicadas.
- Plan de cierre, abandono y entrega

**9.9.1. Plan de prevención y remediación de impactos**

**Tabla 120**

*Plan de Prevención y Mitigación de Impactos Ambiental 1*

| <b>PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTAL</b>  |  |   |  |  |  |
|---|--|---|--|--|--|
| <b>OBJETIVO:</b> Preservar el medio ambiente de acuerdo con la normativa vigente las diferentes actividades que se realicen durante las fases de construcción y operación del proyecto. |  |   |  |  | <b>1</b>   |
| <b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Av. General Enríquez (tramo Academia de Guerra – C.C. River Mall)   |  |   |  |  |  |
| <b>Aspecto Ambiental</b>  | <b>Impacto identificado</b>  | <b>Medidas propuestas</b>   | <b>Indicadores</b>   | <b>Medio de Verificación</b>   | <b>Plazo (meses)</b>                                     |
| Incorrecta señalización al realizar trabajos en la obra.  | Peligro de incidentes hacia los trabajadores y personas que transitan por el sector. | Se tendrá la obligación de ser delimitada toda el área de trabajo con cintas y letreros de prevención.<br><br>Facilidad en el tránsito vehicular y peatonal propuestos. | Numero de señales instaladas   | Registro fotográfico.<br><br>Registro de las señales colocadas en obra | 0.5 meses  |
| Generación de ruido y vibraciones   | Afectación a la salud de los trabajadores  | Proveer del Equipo de Protección Individual (EPi) por dos ocasiones a todo el personal.   | (# de EPi entregados /# de EPi programados)*100.                       | Registro de entrega recepción del EPi.                                 | 3 meses  |
|   |  | Verificar el correcto funcionamiento de los equipos y maquinaria y si existe el caso se deberá colocar silenciadores en los mismo.                                      | (# de mantenimientos realizados /# de mantenimientos programados)*100. | Registro de mantenimiento.   | 3 meses  |
| Riesgo de accidentes laborales  |  | Capacitar a los trabajadores en el manejo adecuado de maquinaria, equipos y herramientas.   | (# de capacitaciones impartidas/# de capacitaciones programadas)*100.  | Registro de asistencia   | Inicio y cuando se tenga un 50 % del avance del proyecto |

**Nota.** Tiempo que durará el impacto ambiental en el plan de prevención y remediación de impactos. Elaborado por: El autor.

**Tabla 121**

*Plan de Prevención y Mitigación de Impactos Ambiental 2*

| <b>PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTAL</b>  |                                   |  |   |   |                      |
|---|-----------------------------------|--|---|---|----------------------|
| <b>OBJETIVO:</b> Preservar el medio ambiente de acuerdo con la normativa vigente las diferentes actividades que se realicen durante las fases de construcción y operación del proyecto. |                                   |  |   |   | <b>1</b>             |
| <b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Av. General Enríquez (tramo Academia de Guerra – C.C. River Mall)   |                                   |  |   |   |                      |
| <b>Aspecto Ambiental</b>  | <b>Impacto identificado</b>       | <b>Medidas propuestas</b>  | <b>Indicadores</b>  | <b>Medio de Verificación</b>  | <b>Plazo (meses)</b> |
| Generación de material triturado y particulado  | Afectación a la calidad del aire  | Las volquetas que transportan el material deberán cubrir el balde con lona, para impedir este impacto ambiental.   | (# de lonas utilizadas/# de lonas Adquiridas) *100                            | Registro fotográfico.   | 3 meses              |
|   |                                   | Realizar riego con agua, para mantener la superficie hidratada, evitando la generación de polvo.   | (# de irrigaciones de agua diarias/ # de veces de irrigación programadas)*100 | Registro de irrigación de agua.   |                      |
|   |                                   | Ubicar cercas de lona frente a los locales comerciales, evitando que el material se esparza y afecte sus negocios.   |   |   |                      |
| Generación de emisiones gaseosas.   | Afectación a la calidad del aire. | Registrar el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria de acuerdo a lo indicado por los fabricantes.  | (# de mantenimientos realizados /# de mantenimientos programados)*100.        | Registro y certificaciones de mantenimiento.  | 3 meses              |
|   |                                   | El mantenimiento se lo debe llevar a cabo en sitios especializado cuando este programado.  |   |   |                      |
| Posibles accidentes por incorrecto cierre temporal de vías  | Acontecimiento de accidentes.     | Comunicar a la ciudadanía acerca del cierre de vías, para prevenirlas y que tomen medidas alternas a las habituales.<br><br>La restricción de circulación por motivos de ejecución de obras deberá ser iluminados y colocado material reflectado, de ser necesario colocar personal para redirigir el tráfico. | (# de cierres de vías ejecutados/# de cierres planificados)*100               | Registro de comunicados a la ciudadanía.<br><br>Registro fotográfico e informativo de los materiales utilizados en el correcto cierre de vías | 3 meses              |

*Nota.* Tiempo que durará el impacto ambiental en el plan de prevención y remediación de impactos. Elaborado por: El autor.

### 9.9.2. Plan de manejo de desechos sólidos

**Tabla 122**

#### Plan de Manejo de Desechos Sólidos

| PLAN DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS  |   |  |   |   |               |
|---|---|--|---|---|---------------|
| OBJETIVOS:  |   |  |   |   |               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Llevar a cabo la ejecución de obra de acuerdo con las regulaciones ambientales vigentes.</li> <li>• Eliminar o minimizar los impactos generados por los desechos sólidos en el ambiente y la salud de la población.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar seguimiento de los desechos sólidos generados por medio de informes.</li> </ul> </li> </ul> |   |  |   |   | <b>2</b>      |
| LUGAR DE APLICACIÓN: Av. General Enríquez (tramo Academia de Guerra – C.C. River Mall)  |   |  |   |   |               |
| Aspecto Ambiental   | Impacto identificado  | Medidas propuestas   | Indicadores   | Medio de Verificación                                       | Plazo (meses) |
| Remoción de cobertura vegetal   | Afectación a la calidad del suelo.<br>Contaminación atmosférica (generación de polvo) | La masa de tierra producto del corte de la vía será utilizada para rellenos en la misma vía y el material de excavación sobrante será colocado en sitios que los beneficiarios proporcionen los cuales deben contar con la debida autorización de los propietarios de los predios sin que esto cauce daños al ambiente o a su vez en la escombrera autorizada. | Tierra de desalojo nivelada   | Registro fotográfico.                                       | 2.5 meses     |
| Generación de desechos sólidos  | Afectación de la calidad del suelo  | Ubicación de sacos de yute en el área del proyecto, para la recolección de los desechos generados por la alimentación de los trabajadores.   | (# de sacos ubicados en el área del proyecto (faja vial)/#de sacos adquiridos)*100. | Registro fotográfico.                                       | 3 meses       |
| Capacidad para desalojar el material  | Contaminación de los recursos suelo y agua.   | El material a desalojar debe ser ubicado en escombreras autorizadas y certificadas.<br>El acopio del material realizado en espacios públicos debe tener un tiempo límite igual a 24 horas  | Volumen en $m^3$ de escombros acumulados en obra.                                   | Registros fotográficos e informe de la cantidad desalojada. | 3 meses       |

**Nota.** Tiempo que durará el impacto ambiental en el plan de manejo de desechos sólidos. Elaborado por: El autor.

### 9.9.3. Plan de instrucción y educación ambiental

**Tabla 123**

#### Plan de Capacitación y Educación Ambiental

| <b>PLAN DE COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL</b>   |  |   |  |  |               |
|---|--|---|--|--|---------------|
| <b>OBJETIVOS:</b> Capacitar al personal contratante y ciudadanía sobre el plan de manejo ambiental, para formar una cadena de prevención y respeto al medio ambiente. |  |   |  |  | <b>3</b>      |
| <b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Av. General Enríquez (tramo Academia de Guerra – C.C. River Mall)   |  |   |  |  |               |
| Aspecto Ambiental   | Impacto identificado                         | Medidas propuestas  | Indicadores  | Medio de Verificación                                | Plazo (meses) |
| Capacitación ambiental  | Desconocimiento de impactos ambientales      | <p>Existirán dos capacitaciones a todos los trabajadores, una al inicio y otra al intermedio de la ejecución del proyecto, en los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Propagación del marco legal y del Plan de Manejo propuesto de modo que los beneficiarios se involucren en el desarrollo y ejecución del proyecto.</li> <li>- Responsabilidades básicas que debe contemplar todo el personal en la ejecución del proyecto e interrelaciones con la comunidad.</li> <li>- Fortalecer la unión y dinamismo del grupo humano laboral, a través de métodos de motivación ocupacional y reconocimiento de logros conseguidos en sus funciones, estimulando el cuidado mutuo en actividades inherentes al proceso constructivo.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlar el manejo de desechos sólidos.</li> </ul> </li> <li>- Implementar las normas de higiene, seguridad y salud ocupacional               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar el manejo de equipo de protección personal</li> </ul> </li> </ul> | (# de capacitaciones impartidas/# de capacitaciones Programadas)*100 | Registro de asistencia.<br><br>Registro fotográfico. | 3 meses       |
| Posibles incidentes generados en obra   | Perjuicios a trabajadores y daños materiales | Presentar un horario de charlas informativas al inicio de cada jornada semanal, siendo esta muy objetiva, didáctica y presentada por personal capacitado para no generar malos entendidos.  | # de capacitaciones ejecutadas / # de capacitaciones planificadas    |  | 3 meses       |

**Nota.** Tiempo que durará el impacto ambiental en el plan de capacitación y educación ambiental. Elaborado por: El autor.

**9.9.4. Plan de vinculación comunitaria**

**Tabla 124**

*Plan de Vinculación Comunitaria*

| <b>PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS</b>  |   |  |  |   |                                    |
|---|---|--|--|---|------------------------------------|
| <b>OBJETIVOS:</b>   |   |  |  |   |                                    |
|   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>La construcción del proyecto debe presentar un estudio de seguridad y salud para los trabajadores y ciudadanos aledaños a la obra.</li> <li>Ser conscientes de los peligros al ejecutar distintas actividades, dadas ya las indicaciones necesarias para garantizar su propia seguridad y la de sus compañeros de trabajo.</li> </ul>   |  |   | <b>4</b>                           |
| <b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Av. General Enríquez (tramo Academia de Guerra – C.C. River Mall) |   |  |  |   |                                    |
| <b>Aspecto Ambiental</b>  | <b>Impacto identificado</b>   | <b>Medidas propuestas</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Medio de Verificación</b>  | <b>Plazo (meses)</b>               |
| Información sobre temas ambientales   | Desconocimiento de las medidas ambientales a adoptarse en el actual proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se dará a conocer las características técnicas del proyecto vial y los beneficios del mismo.</li> <li>Se informará a las comunidades beneficiarias sobre las características de las obras, las diferentes actividades que se realizarán y los impactos negativos y positivos que se generan con la construcción del proyecto vial.</li> <li>Advertir a la población cercana sobre los riesgos, peligros y precauciones que se deben tomar en el área de trabajo durante la ejecución de la obra.</li> <li>Lograr la aceptación de la población cercana sobre la importancia de ejecución del proyecto y del apoyo en el mantenimiento de la vía.</li> </ul> | (Socialización del PMA realizado/socialización programada)*100     | Actas de aceptación.<br>Registro fotográfico.                               | Previo a la ejecución del proyecto |
| Posibles accidentes en obra   | Afectación en la salud de los trabajadores y daños materiales.                | Prevención de accidentes en obra por lesiones al levantar materiales, tiempo prolongado en una sola actividad, limpieza del área de trabajo, correcta señalización entrada, salida de maquinaria pesada, y en excavaciones profundas.  | # de procedimientos elaborados / # de procedimientos planificados. | Informes de asistencias diarias<br>Registro fotográfico del avance de obra. | 3 meses                            |

**Nota.** Tiempo que durará el impacto ambiental en el plan de vinculación comunitaria. Elaborado por: El autor.

### 9.9.5. Plan de rehabilitación de áreas perjudicadas

**Tabla 125**

#### Plan de Rehabilitación de Áreas Perjudicadas

| <b>PLAN DE REHABILITACIÓN</b>   |  |   |   |                                    |               |
|---|--|---|---|------------------------------------|---------------|
| OBJETIVO: Rehabilitar las áreas perjudicadas por algún impacto ambiental significativo dado las distintas actividades que se realizarán durante la ejecución del proyecto.<br>Por otro lado se presentará un informe de indemnizaciones si así fuese el caso. |  |   |   |                                    | <b>5</b>      |
| <b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Av. General Enríquez (tramo Academia de Guerra – C.C. River Mall)   |  |   |   |                                    |               |
| Aspecto Ambiental   | Impacto identificado   | Medidas propuestas  | Indicadores   | Medio de Verificación              | Plazo (meses) |
| Pérdida de la cobertura vegetal   | Mejoramiento de la calidad del suelo e impacto visual                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- En el abandono del proyecto se deberá sembrar especies nativas en la zona</li> <li>- Antes de sembrar los árboles nativos en las áreas intervenidas de la vía, el terreno deberá estar libre de maleza, escombros u otros desechos que impiden plantar los árboles.</li> <li>- El sembrío se realizará con herramienta menor como pico, azadón, pala o barra.</li> <li>- Los hoyos de plantación deberán tener dimensiones de 30 x30 [cm] o 40x40 [cm] o dependiendo de los requerimientos de la especie.</li> </ul> | (# de árboles plantados/# de árboles proyectados)*100.      | Registro fotográfico.              | 1 mes         |
| Infringir las normas ambientales vigentes   | Penalidad al contratista por entidades como el MTOP y fiscalización. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplimiento de las medidas preventivas para la seguridad en el área del trabajo.</li> <li>- Realizar informes de cumplimiento acorde a lo determinado por el acuerdo ministerial 061, reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, específicamente los artículos Art. 262 y 263</li> </ul>   | # de informes realizados/ # de informes anuales programados | Informes de cumplimiento ambiental | 3 meses       |

**Nota.** Tiempo que durará el impacto ambiental en el plan de rehabilitación de áreas perjudicadas. Elaborado por: El autor.

### 9.9.6. Plan de cierre, abandono y entrega

**Tabla 126**

#### *Plan de Cierre, Abandono y Entrega*

| <b>PLAN DE CIERRE, ABANDONO Y ENTREGA</b>   |                             |   |  |                                  |  |
|---|-----------------------------|---|--|----------------------------------|--|
| <b>OBJETIVOS:</b>   |                             |   |  |                                  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al terminar el proyecto se presente un informe con niveles de impactos ambientales controlados y mitigados.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• El proyecto se haya llevado a cabo cumpliendo las normas, ordenanzas y reglamentos vigentes.</li> </ul> </li> <li>• Al finalizar el proyecto no presente un daño o desperfecto al medio ambiente y por ende a la estética del lugar.</li> </ul> |                             |   |  |                                  | <b>6</b>                                 |
| <b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Av. General Enríquez (tramo Academia de Guerra – C.C. River Mall)   |                             |   |  |                                  |  |
| <b>Aspecto Ambiental</b>  | <b>Impacto identificado</b> | <b>Medidas propuestas</b>   | <b>Indicadores</b>   | <b>Medio de Verificación</b>     | <b>Plazo (meses)</b>                     |
| Generación de desechos sólidos.   | Contaminación visual.       | Luego de culminados los trabajos de construcción, se procederá al retiro de maquinaria, herramientas, equipos y señalética de obra, también se realizará una limpieza general en el área del proyecto, dejando así la vía libre de obstáculos para ser utilizada. | Área del proyecto (vía construida) limpia y libre de obstáculos                        | Registro fotográfico             | Etapa de cierre y abandono del proyecto. |
|   | Alteración del paisaje      |   |  |                                  |  |
| Infringir en la culminación del plan de cierre, abandono y entrega.   | Contaminación del suelo     | Transportar los desechos sólidos a botaderos autorizados y certificados.  | Actividades de configuración efectuadas/<br>Actividades de configuración planificadas. | Informe de entrega del proyecto. | Etapa de cierre y abandono del proyecto. |
|   | Contaminación del aire      | Si hubiese el caso de derramamiento de sustancias que alteren las propiedades físicas y mecánicas del suelo se debe cambiar ese suelo y mejorarlo.  |  |                                  |  |
|   | Contaminación del agua      | Colocar nuevas especies de árboles o reubicar los existentes si fuese posible, para mantener la armonía vegetativa que presentaba la antigua vía no ampliada.   |  | Registro fotográfico             |  |
|   | Daños a la vegetación.      |   |  |                                  |  |

**Nota.** Tiempo que durará el impacto ambiental en el plan de cierre, abandono y entrega. Elaborado por: El autor.

## 9.10. Evaluación de los impactos ambientales

La evaluación ambiental debe asegurar que los recursos naturales como es el medio social y cultural sean considerados en cada proceso, así las decisiones serán transmitidas de una manera en la que la evaluación se transformará en un proceso de advertencia temprana para la protección del medio ambiente, mitigando así los daños anticipados del proyecto.

Esta evaluación se realizará mediante la **matriz de Leopold** la cual fue desarrollada “para ser aplicada en proyectos de construcción y es especialmente útil, por enfoque y contenido, para la evaluación preliminar de aquellos proyectos de los que se prevén grandes impactos ambientales” (Espinoza, 2007, pág. 155).

“Permite, sin embargo, estimar la importancia y magnitud de los impactos con la ayuda de un grupo de expertos y de otros profesionales involucrados en el proyecto. En este sentido representan un avance respecto a las matrices de interacción simple.” (Espinoza, 2007, pág. 156).

### 9.10.1. Variación de la calidad ambiental

Nos indica que tipo de impacto es, sea este positivo o negativo, que es provocado en la ejecución del proyecto.

- **Impacto positivo (+):** si la actividad presenta un progreso con respecto al estado previo a la ejecución del proyecto.
- **Impacto negativo (-):** si la actividad presenta un deterioro con respecto al estado previo a la ejecución del proyecto.

### 9.10.2. Duración del impacto

Se refiere a la duración del impacto con relación al tiempo de exposición de la actividad que lo genera.

- **Permanente:** cuando el impacto continúa hasta después de finalizar el proyecto.

- Temporal:** cuando el impacto se solo durante la actividad.
- Periódica:** cuando el impacto aparece intermitente mientras dure la actividad.

### ***9.10.3. Intensidad del impacto***

Es la fuerza con la que el impacto altera un componente ambiental, se divide en las siguientes:

- Alta:** alteración muy notoria y extensiva, que puede recuperarse a corto o mediano plazo, siempre y cuando exista una intervención oportuna y profunda del hombre, que puede significar costos elevados.
- Moderada:** alteración notoria, producida por la acción de una actividad determinada, donde el impacto es reducido y puede ser recuperado con una mitigación sencilla y poco costosa.
- Baja:** impactos que con recuperación natural o con una ligera ayuda por parte del hombre, es posible su recuperación.

### ***9.10.4. Extensión del impacto***

Se refiere a la amplitud espacial que el efecto tendrá sobre el componente ambiental, a continuación, se presenta como se clasifica:

- Regional:** la región geográfica del proyecto
- Local:** aproximadamente tres kilómetros a partir de la zona donde se realizarán las actividades del proyecto.
- Puntual:** en el sitio en el cual se realizarán las actividades y su área de influencia directa.

### ***9.10.5. Reversibilidad del impacto***

Implica la probabilidad, obstáculo o inconveniente de que el componente ambiental afectado retorne a su situación inicial, y la capacidad que tiene el ambiente para retornar a una situación de equilibrio dinámico similar al original.

•**Irrecuperable:** si el elemento ambiental afectado no puede ser recuperado.

Poco recuperable: señala un estado intermedio donde la recuperación será dirigida y con ayuda humana, a largo plazo (> 5 años).

•**Recuperable:** si el elemento ambiental afectado puede volver a un estado similar a la inicial en forma natural (0 – 1 año).

#### 9.10.6. Riesgo del impacto

Expresa la posibilidad de ocurrencia del impacto en relación a los componentes ambientales analizados. Se dividen en los siguientes riesgos:

•**Alto:** existe la certeza de que el impacto se produzca en forma real.

•**Medio:** la condición intermedia de duda de que se produzca o no el impacto.

•**Bajo:** no existe la certeza de que el impacto se produzca, es una probabilidad

Para este estudio, los valores asignados a las variables analizadas son los siguientes:

**Tabla 127**

#### *Riesgo de Impacto Ambiental*

| Variable       | Valores asignados a cada una de las variables |              |                |
|----------------|---|--------------|----------------|
|                | Símbolo                                       | Carácter     | Valor asignado |
| Intensidad     | i   | Alta         | 3              |
|                |   | Moderada     | 2              |
|                |   | Baja         | 1              |
| Extensión      | E   | Regional     | 3              |
|                |   | Local        | 2              |
|                |   | Puntual      | 1              |
| Duración       | D   | Permanente   | 3              |
|                |   | Temporal     | 2              |
|                |   | Periódica    | 1              |
| Reversibilidad | R   | Irreversible | 3              |
|                |   | Recuperable  | 2              |
|                |   | Reversible   | 1              |
| Probabilidad   | P   | Alto         | 3              |
|                |   | Medio        | 2              |
|                |   | Bajo         | 1              |
| Riesgo         | Ri  | Alto         | 3              |
|                |   | Medio        | 2              |
|                |   | Bajo         | 1              |

*Nota.* Valores cuantitativos de 1 a 3. Elaborado por: El autor.

La identificación final es obtener la valoración de la Magnitud, Importancia y Severidad.

### **9.10.7. Magnitud**

Es el valor la del efecto de cada acción, basado en la sumatoria acumulada de los valores obtenidos para las variables intensidad, extensión y duración, la misma que se determinará por medio de la siguiente ecuación:

$$M = a * i + b * E + c * D$$

Donde:

i = Intensidad

E = Extensión

D = Duración

a, b y c = peso de cada variable.

### **Tabla 128**

*Valoración de las Variables de Magnitud para el Cálculo de Impacto Ambiental*

| <b>Variable</b> | <b>Valor</b> |
|-----------------|--------------|
| a               | 0.4          |
| b               | 0.35         |
| c               | 0.25         |

*Nota.* Variables de acuerdo al peso del impacto. Elaborado por: Autor, 2021.

### **9.10.8. Importancia**

Está dada en función de las características del impacto, de tal manera que su valor puede deducirse de la sumatoria acumulada de la intensidad, extensión, duración, reversibilidad y riesgo la misma que se determinara por medio de la siguiente ecuación:

$$I = 3 * i + 2 * E + D + R + R_i$$

Donde:

i = Intensidad

E = Extensión

D = Duración

R = Reversibilidad

Ri = Riesgo

Se asigna un rango de comparación entre la importancia y magnitud.

**Tabla 129**

*Rango de Comparación entre Importancia y Magnitud*

| <b>Importancia</b> | <b>Magnitud</b> | <b>Valoración del impacto</b> |
|--------------------|-----------------|-------------------------------|
| 9 - 14             | 1.0 – 1.6       | Bajo                          |
| 15 - 22            | 1.7 - 2.3       | Medio                         |
| 23 - 27            | 2.4 - 3.0       | Alto                          |

*Nota.* Calificación cualitativa de acuerdo a valores de magnitud e importancia.

Elaborado por: El autor.

#### **9.10.9. Severidad**

La severidad se define como el grado total de afectación ocasionado sobre el componente ambiental. El valor se obtiene de multiplicar la magnitud por la importancia. El resultado se lo compara con la escala de valores asignado para el efecto:

**Tabla 130**

*Resultado de Severidad*

| <b>Criterio</b> | <b>Descripción</b>  | <b>Calificación</b> |
|-----------------|---|---------------------|
| Compatible      | Cuando la carencia del impacto o recuperación es inmediata tras del cese de la acción y no necesitan prácticas de protección.                         | 9 - 19              |
| Moderado        | Cuando la recuperación de las condiciones iniciales requerirá de cierto tiempo sin la necesidad de medidas de protección.                             | 20 - 35             |
| Severo          | Cuando la magnitud del impacto exige la adecuación de prácticas de protección para la recuperación de las condiciones iniciales.                      | 36 - 55             |
| Crítico         | Cuando la magnitud del impacto es superior al límite admisible ya que se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales. | > 56                |

*Nota.* Calificación cuantitativa de acuerdo al nivel de severidad. Elaborado por: El autor.

**9.10.10. Asignación de valores para impactos ambientales**

**Tabla 131**

*Valores Asignados a Posibles Impactos Ambientales*

| <b>Posibles impactos ambientales</b>                             | <b>i</b> | <b>E</b> | <b>D</b> | <b>R</b> | <b>P</b> | <b>Ri</b> | <b>M</b> | <b>I</b> |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| Remoción de cobertura vegetal                                    | 2        | 2        | 2        | 2        | 3        | 1         | 2        | 15       |
| Manejo, mantenimiento de equipos y maquinaria                    | 1        | 1        | 2        | 1        | 2        | 1         | 1        | 9        |
| Manejo de polvo y transporte de materiales                       | 2        | 1        | 2        | 1        | 2        | 2         | 2        | 13       |
| Prevención de contaminación en agua y suelo                      | 2        | 1        | 2        | 1        | 2        | 2         | 2        | 13       |
| Manejo de desechos sólidos y líquidos                            | 3        | 2        | 2        | 1        | 2        | 2         | 2        | 18       |
| Capacitación e instrucción a técnicos, trabajadores y ciudadanía | 1        | 1        | 2        | 1        | 2        | 1         | 1        | 9        |
| Relaciones comunitarias  | 3        | 2        | 2        | 1        | 2        | 1         | 2        | 17       |
| Rehabilitación áreas afectadas                                   | 1        | 1        | 2        | 1        | 1        | 1         | 1        | 9        |
| Abandono y cierre  | 2        | 1        | 2        | 1        | 1        | 2         | 2        | 13       |

**Nota.** Valores de intensidad y magnitud adoptados. Elaborado por: El autor.

Por lo tanto, de acuerdo a la tabla presentada en el apartado 9.10.8 se tiene una valoración de impacto entre baja y media, por otra parte, respecto a la severidad, es de criterio compatible puesto que la carencia del impacto o recuperación es inmediata tras el cese de la acción, no necesitan prácticas de protección.

A continuación, se presenta la matriz de Leopold para el presente estudio.

**Tabla 132**  
**Matriz de Leopold**

| Valoración   |                                 | ACCIONES CON POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES               |                                   |                                |  |                                   |                            |                        |                                     |                            |                         |   |                               |         |
|--|---------------------------------|--|-----------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|---|-------------------------------|---------|
|  |                                 | 1. PREVENCIÓN Y REMEDIACIÓN DE IMPACTOS                  |                                   |                                |  |                                   | 2. DESECHOS SÓLIDOS        | 3. EDUCACION AMBIENTAL | 4. VINCULACIÓN COMUNITARIA          | 5. MONITOREO Y SEGUIMIENTO |                         | 6. REHABILITACIÓN DE ÁREAS                      | 7. CIERRE Y ABANDONO          |         |
| Magnitud (M): 1-10<br>(M): 10 = Grande,<br>(M): 5 = Mediano,<br>(M): 1 = Pequeña<br>Importancia (I): 1-10<br>(I): 1 = Nada<br>(I): 10 = Alta |                                 | Incorrecta señalización al realizar trabajos en la obra. | Generación de ruido y vibraciones | Riesgo de accidentes laborales | Generación de material triturado y particulado | Generación de emisiones gaseosas. | Manejo de desechos sólidos | Capacitación ambiental | Programa de relaciones comunitarias | Programa de monitoreo      | Programa de seguimiento | Programa de restablecimiento de áreas afectadas | Programa de cierre y abandono |         |
| FACTORES AMBIENTALES   | A) MEDIO FÍSICO                 | 1. AIRE  | -1<br>1                           | -1<br>1                        | -2<br>1  | -2<br>2                           |                            | 2<br>2                 | -1<br>1                             | -1<br>1                    |                         | 1<br>1  | 2<br>2                        |         |
|  |                                 | 2. AGUA  |                                   | -1<br>1                        |  |                                   |                            |                        | 1<br>1                              | -1<br>1                    | -1<br>1                 | 2<br>2  | 1<br>1                        | 1<br>1  |
|  |                                 | 3. SUELO   | -1<br>1                           | 1<br>1                         |  | -1<br>1                           | -1<br>1                    | 2<br>2                 | 2<br>2                              | -1<br>1                    |                         |   | 2<br>2                        | -1<br>1 |
|  |                                 | 4. CLIMA   |                                   |                                |  |                                   | -1<br>1                    | -2<br>1                |                                     |                            |                         |   | -2<br>2                       | 1<br>1  |
|  | B) MEDIO BIÓTICO                | 1. FLORA   | -1<br>1                           | -2<br>1                        |  | -1<br>1                           | -2<br>1                    | -2<br>2                | 2<br>2                              | -1<br>1                    |                         |   | 1<br>2                        | -1<br>1 |
|  |                                 | 2. FAUNA   | -1<br>1                           | -1<br>1                        |  | -1<br>1                           | -1<br>1                    | -2<br>1                | 1<br>2                              |                            |                         |   | 1<br>1                        | -1<br>1 |
|  | C) MEDIO HUMANO                 | 1. VIALIDAD  |                                   | -2<br>2                        | -3<br>2  | -1<br>1                           |                            | 1<br>1                 | 1<br>1                              | 1<br>1                     | -1<br>1                 | -1<br>1   | -2<br>1                       | 2<br>2  |
|  |                                 | 2. DEMOGRAFÍA  |                                   | -3<br>3                        | -1<br>1  | -2<br>2                           | -2<br>2                    |                        | 2<br>2                              | 1<br>2                     | -1<br>1                 |   | 1<br>1                        | 3<br>2  |
|  |                                 | 3. USO DE SUELO  | -1<br>1                           | 1<br>1                         |  | -1<br>1                           | 1<br>1                     | -2<br>1                |                                     |                            |                         |   |                               | -2<br>1 |
|  | EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL |  | -4<br>4                           | -7<br>11                       | -4<br>3  | -9<br>8                           | -8<br>9                    | -5<br>8                | 11<br>12                            | -2<br>7                    | -4<br>4                 | -2<br>3   | 3<br>11                       | 4<br>12 |

**Nota.** Utilizada para evaluar los impactos ambientales. Elaborado por: El autor.

## 9.11. Cronograma valorado del plan de manejo ambiental

**Tabla 133**

*Cronograma Valorado Respecto al Plan de Manejo Ambiental*

| Programas                                       | Meses |   |   |   | Presupuesto                               |
|---|-------|---|---|---|---|
|   | 1     | 2 | 3 | 4 |   |
| 1. Plan de prevención y remediación de impactos | ✓     | ✓ | ✓ | ✓ | 1.000                                     |
| 2. Plan de manejo de desechos sólidos           |       | ✓ | ✓ | ✓ | Costo indirecto                           |
| 3. Plan de educación ambiental                  | ✓     |   |   |   | 500                                       |
| 4. Plan de vinculación comunitaria              | ✓     |   |   | ✓ | Costo indirecto                           |
| 5. Monitoreo y seguimiento                      |       | ✓ | ✓ | ✓ | Costo indirecto                           |
| 6. Plan de rehabilitación de áreas              |       |   |   | ✓ | Costo indirecto                           |
| 7. Plan de cierre y abandono                    |       |   |   | ✓ | 1500                                      |
| <b>Total:</b>                                   |       |   |   |   | <b>Tres mil dólares americanos: 3.000</b> |

*Nota.* Se necesita un valor igual a \$ 3000 para efectuar el plan de manejo ambiental.

Elaborado por: El autor.

## CAPÍTULO X

### 10. ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO

#### 10.1. Análisis de precios unitarios

Es un estudio analítico que tiene en cuenta el costo por una unidad de medida establecida de acuerdo al tipo de trabajo, se debe tomar en consideración el costo vigente de los equipos-maquinaria, materiales y mano de obra. El costo total deberá cubrir al contratista al terminar la obra. Entre los costos que intervienen son los directos, indirectos, por financiamiento, por cargo de utilidad al contratista, por cargos adicionales, estos costos deben ser escoltados con el fiel cumplimiento de normativas, especificaciones técnicas y ética profesional.

El análisis de precios unitarios que se utilizó para determinar el presupuesto de este proyecto fueron los establecidos por el gobierno autónomo descentralizado municipal de Rumiñahui (GADMUR), con reporte de rubros actualizados al mes de enero de 2021.

El análisis de precios unitarios se lo llevará a cabo utilizando los costos indirectos y de utilidad igual al 15 % de los costos directos, de estos costos se determinará los factores para efectuar el reajuste de precios por medio de la fórmula polinómica.

El análisis de precios unitarios (APU) se presentará de forma detallada en los anexos correspondientes a este capítulo, conjuntamente con los factores que intervienen en el reajuste de precios.

##### **10.1.1. Costos directos**

Son todos los costos que están conectados directamente con la construcción de la obra, entre los cuales tenemos el costo del material, mano de obra, equipos y maquinaria.

### ***10.1.2. Costos indirectos***

Son los costos comunes que favorecen a la realización de los trabajos que corresponden a la obra civil, englobando gastos administrativos, transporte, imprevistos, publicidad, suministros de oficina, etc.

## **10.2. Presupuesto de obra**

Es la conceptualización por escrito de lo que se va a emplear económicamente en la ejecución de una obra, se desglosará en rubros que consideran todas las actividades que llevan a un costo global en un tiempo determinado.

El presupuesto de obra deja ver si el proyecto es o no viable económicamente, teniendo en cuenta el beneficio de la ciudadanía.

El presupuesto de una obra se lo resume en una tabla, preferiblemente de manera cronológica que servirá para posteriores análisis como el cronograma valorado, para esto se deben identificar todos los conceptos de trabajo que intervienen en el proyecto y cuantificarlos, realizar el análisis de cada precio unitario para cada rubro y para finalizar se debe multiplicar el precio unitario por la cantidad en su unidad de medida respectiva.

### ***10.2.1. Cantidades de obra***

Las cantidades de obra serán precisadas de acuerdo al movimiento de tierras, diseño geométrico, diseño de pavimento, diseño hidráulico, señalización, impacto ambiental, diseños importantes que llevan a establecer los materiales exactos a utilizar en la ejecución del proyecto.

**Tabla 134***Presupuesto del Proyecto*

| N°                              | Descripción   | Unidad | Cantidad | Precio unitario | Total             |
|---------------------------------|---|--------|----------|-----------------|-------------------|
| <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>    |   |        |          |                 | <b>195878.44</b>  |
| 1                               | Replanteo y nivelación  | km     | 1.30     | 747.39          | 971.61            |
| 2                               | Fresado de carpeta asfáltica, (inc. desalojo distancia 10 km)   | m3     | 2746.44  | 20.45           | 56164.70          |
| 3                               | Excavación sin clasificar vía (equipo pesado)   | m3     | 17737.43 | 2.77            | 49132.67          |
| 4                               | Desalojo de material cargado mecánico   | m3     | 21284.91 | 4.21            | 89609.47          |
| <b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO</b> |   |        |          |                 | <b>1020714.31</b> |
| 5                               | Acabado de obra básica existente (r)  | m2     | 22887.00 | 0.67            | 15334.29          |
| 6                               | Suministro tendido y compactación de sub-base clase i   | m3     | 8010.45  | 24.91           | 199540.31         |
| 7                               | Suministro tendido y compactación de base clase i (r)   | m3     | 6866.10  | 26.29           | 180509.77         |
| 8                               | Geotextil 2000 nt no tejido (r)   | m2     | 45777.38 | 3.35            | 153354.22         |
| 9                               | Imprimación asfáltica (r)   | m2     | 22887.00 | 0.86            | 19682.82          |
| 10                              | Carpeta asfáltica 03" (trans/tendido/compactado/sellado) (r)  | m2     | 22887.00 | 11.79           | 269837.73         |
| 11                              | Emulsión css-1 h para riego de adherencia   | Lt     | 27464.40 | 0.76            | 20872.94          |
| 12                              | Carpeta asfáltica 02" (trans/tendido/compactado/sellado) (r)  | m2     | 22887.00 | 7.06            | 161582.22         |
| <b>ESTRUCTURAS</b>              |   |        |          |                 | <b>73781.24</b>   |
| 13                              | Sumidero tub. ø 200 mm cerco/rejilla h.f 1.00 x 0.60 inc. val. klapeta (provisión/montaje) (r)        | u      | 14.00    | 940.78          | 13170.92          |
| 14                              | Rotura bordillos vial h=50 cm (r)   | m      | 1800.00  | 4.11            | 7398.00           |
| 15                              | Bordillo h.s. fc=210 kg/cm2 (h=50, b=20, b=15 cm) v=0.09 m3/m (r)                                     | m      | 1,800.00 | 18.01           | 32418.00          |
| 16                              | Reubicación poste de luz (empresa eléctrica)  | u      | 30.00    | 677.42          | 20322.60          |
| 17                              | Rotulo de identificación del proyecto 2.40 x 1.20 m (estruc. metálica y lona)                         | u      | 2.00     | 235.86          | 471.72            |
| <b>SEÑALIZACIÓN</b>             |   |        |          |                 | <b>13436.99</b>   |
| 18                              | Marca de pavimento (central segmentada) acrílica 12 cm  | Km     | 1.17     | 311.59          | 364.56            |
| 19                              | Marca de pavimento (lateral continua) acrílica 12 cm  | Km     | 5.06     | 466.18          | 2360.74           |
| 20                              | Tacha reflectiva blanca unidireccional  | u      | 303.00   | 7.07            | 2142.21           |
| 21                              | Señalética vertical   | u      | 36.00    | 176.93          | 6369.48           |
| 22                              | Cono de señalización vial fluorescente  | u      | 50.00    | 34.55           | 1727.50           |
| 23                              | Cerramiento protección con cinta y pingos   | m2     | 150.00   | 3.15            | 472.50            |
| <b>CONTROL AMBIENTAL</b>        |   |        |          |                 | <b>25344.52</b>   |
| 24                              | Corte, destronque de árboles y desalojo   | u      | 118.00   | 189.59          | 22371.62          |
| 25                              | Excavación para plantar árbol 50cm x 50cm x 50cm, incluye planta de arrayanes (plantación) y desalojo | u      | 118.00   | 7.53            | 888.54            |
| 26                              | Construcción de campamento, bodegas y obras provisionales   | gbl    | 1.00     | 1288.76         | 1288.76           |
| 27                              | Agua para control de polvo (tanquero) (r)   | m3     | 180.00   | 4.42            | 795.60            |
| <b>Total</b>                    |   |        |          |                 | <b>1329155.49</b> |

**Nota.** Se obtiene un valor final de \$1 329 155.49. Elaborado por: El autor.

### **10.3. Cronograma valorado de ejecución**

Es la programación de tiempo con sus respectivos gastos en la ejecución de la obra, se lo puede representar gráficamente con actividades vinculadas entre sí, con fechas planificadas de inicio, fin, duraciones, hitos y recursos. Son utilizados por el contratista de la obra, fiscalizador y personal técnico para controlar el porcentaje de avance del proyecto, además de verificar el cumplimiento en los gastos del presupuesto establecido.

### **10.4. Cálculo de beneficios valorados y ahorro del tiempo**

El presente proyecto en estudio se encuentra ubicado en una zona urbana comercial, que cuenta con los servicios básicos y une dos parroquias importantes del cantón Rumiñahui, que son Sangolquí y San Rafael.

El propósito de la ampliación y mejoramiento de la vía se da para aliviar el tráfico que se genera a la llegada al redondel del C.C River Mall, entrada a la parroquia de Sangolquí, este carril adicional servirá para desviar gran cantidad de vehículos que se dirigen a las parroquias de San Pedro, Fajardo e importantes barrios como Terracota a no ingresar a este redondel, sino se desviarán 50 metros antes por la calle Río Coca que llevará a un puente a desnivel, proyecto igualmente en estudio que conectará directamente con estas parroquias antes mencionadas. Por otro lado, será la imagen de entrada a esta importante parroquia de Sangolquí.

Por otra parte, se debe considerar también los componentes e indicadores que ocasionan varios beneficios económicos y sociales a través de ejecución del proyecto. A continuación, se da a conocer cuáles son los mencionados indicadores y componentes.

- Costo amortiguador (\$) / amortiguador (u)
- Costo sistema de freno (\$) / zapata (u)
- Ahorro en el tiempo de viaje

- Costo por servicios de taxis
- Plusvalía

#### 10.4.1. Costo de amortiguador

El cambio de amortiguadores antes de la ejecución del proyecto se daba a 37 000 km, este costo no es tan relevante para el presente proyecto, pero si tiene un beneficio valorado, se estima que al finalizar el proyecto el cambio de amortiguadores se lo efectuara cada 40 000 km, se considera un precio de amortiguador para vehículos livianos de \$180.00 y \$350.00 para vehículos pesados.

**Tabla 135**

*Gasto en Amortiguadores Antes de la Ejecución de la Obra*

| Tipo de vehículo   | Vía (km) | TPDA | N° viajes | Recorrido anual (km) | N° de cambios de amortiguador | Costo de amortiguadores | Costo total de amortiguadores |
|--|----------|------|-----------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Liviano (2D)   | 1.3      | 9548 | 2         | 949                  | 0.026                         | 180.00                  | 44080.7935                    |
| Bus (2DB)  | 1.3      | 483  | 6         | 2847                 | 0.077                         | 350.00                  | 13007.7122                    |
| Camión (2DA)   | 1.3      | 69   | 2         | 949                  | 0.026                         | 350.00                  | 619.414865                    |
| Pesado (3-A)   | 1.3      | 272  | 2         | 949                  | 0.026                         | 350.00                  | 2441.75135                    |
| Costo de cambio total de amortiguadores antes de la realización de la obra (A) |          |      |           |                      |                               |                         | <b>60149.67</b>               |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 60 149.67. Elaborado por: El autor.

**Tabla 136**

*Gasto en Amortiguadores Después de la Ejecución de la Obra*

| Tipo de vehículo   | Vía (km) | TPDA | N° viajes | Recorrido anual (km) | N° de cambios de amortiguador | Costo de amortiguadores | Costo total de amortiguadores |
|--|----------|------|-----------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Liviano (2D)   | 1.3      | 9548 | 2         | 949                  | 0.024                         | 180.00                  | 40774.734                     |
| Bus (2DB)  | 1.3      | 483  | 6         | 2847                 | 0.071                         | 350.00                  | 12032.1338                    |
| Camión (2DA)   | 1.3      | 69   | 2         | 949                  | 0.024                         | 350.00                  | 572.95875                     |
| Pesado (3-A)   | 1.3      | 272  | 2         | 949                  | 0.024                         | 350.00                  | 2258.62                       |
| Costo de cambio total de amortiguadores después de la realización de la obra (B) |          |      |           |                      |                               |                         | <b>55638.44</b>               |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 55 638.44. Elaborado por: El autor.

Terminada la estimación respecto al gasto en amortiguadores antes y después de la ejecución de la obra se obtiene un ahorro de \$4511.22 dólares americanos anualmente.

#### 10.4.2. Costo sistema de frenos

El sistema de frenos se asume que debe cambiarse actualmente cada 40 000 km, con un costo aproximado para vehículos livianos de \$225 y \$480 para vehículos pesados, después del proyecto se plantea que se cambien cada 41 000 km.

**Tabla 137**

*Gasto en Sistema de Frenos Antes de la Ejecución de la Obra*

| Tipo de vehículo  | Vía (km) | TPDA | N° viajes | Recorrido anual (km) | N° de cambios de amortiguador | Costo de amortiguadores | Costo total de amortiguadores |
|---|----------|------|-----------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Liviano (2D)  | 1.3      | 9548 | 2         | 949                  | 0.024                         | 225.00                  | 50968.42                      |
| Bus (2DB)   | 1.3      | 483  | 6         | 2847                 | 0.071                         | 480.00                  | 16501.21                      |
| Camión (2DA)  | 1.3      | 69   | 2         | 949                  | 0.024                         | 480.00                  | 785.77                        |
| Pesado (3-A)  | 1.3      | 272  | 2         | 949                  | 0.024                         | 480.00                  | 3097.54                       |
| Costo de cambio total de sistema de frenos antes de la realización de la obra (A) |          |      |           |                      |                               |                         | <b>71352.94</b>               |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 71 352.94. Elaborado por: El autor.

**Tabla 138**

*Gasto en Sistema de Frenos Después de la Ejecución de la Obra*

| Tipo de vehículo  | Vía (km) | TPDA | N° viajes | Recorrido anual (km) | N° de cambios de amortiguador | Costo de amortiguadores | Costo total de amortiguadores |
|---|----------|------|-----------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Liviano (2D)  | 1.3      | 9548 | 2         | 949                  | 0.023                         | 225.00                  | 49725.29                      |
| Bus (2DB)   | 1.3      | 483  | 6         | 2847                 | 0.069                         | 480.00                  | 16098.74                      |
| Camión (2DA)  | 1.3      | 69   | 2         | 949                  | 0.023                         | 480.00                  | 766.61                        |
| Pesado (3-A)  | 1.3      | 272  | 2         | 949                  | 0.023                         | 480.00                  | 3021.99                       |
| Costo de cambio total de sistema de frenos después de la realización de la obra (B) |          |      |           |                      |                               |                         | <b>69612.62</b>               |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 69 612.62. Elaborado por: El autor.

Terminada la estimación del gasto en sistema de frenos antes y después de la ejecución de la obra se obtiene un ahorro de \$1740.32 dólares americanos anualmente.

### 10.4.3. Ahorro en el tiempo de viaje

La ampliación de la avenida General Enríquez, generará que los ciudadanos se tarden menos tiempo de lo habitual, dado que la inclusión de un nuevo carril ayudará a que los vehículos que se dirijan a las parroquias de San Pedro, Fajardo y sector Terracota tomen la vía alterna Rio Coca, 50 metros antes de ingresar al redondel del C.C. River Mall que llevará a un puente a desnivel que conectará con estas parroquias antes mencionadas, por ende, en la entrada a Sangolquí y sus centros turísticos se aliviara el tráfico y por consiguiente el tiempo a estos destinos.

El valor de ahorro de tiempo, resulta de la diferencia del tiempo antes de ejecutarse el proyecto y después de hacerlo, se lo puede hallar por medio de la siguiente ecuación.

$$\text{Ahorro del tiempo} = T_{sp} - T_{cp}$$

Donde:

$T_{sp}$  = Tiempo de viaje antes del proyecto (horas/día)

$T_{cp}$  = Tiempo de viaje después del proyecto (horas/día)

A continuación, se indica el ahorro de tiempo que se obtendrá al ejecutarse el proyecto.

**Tabla 139**

*Ahorro de Tiempo de Viaje a Centros Turísticos y Parroquias Aledañas*

| Parámetro                          | Centros turísticos (Antes del proyecto) | Centros turísticos (Después del proyecto) | Parroquias aledañas (Antes del proyecto) | Parroquias aledañas (Después del proyecto) |
|------------------------------------|---|---|--|--|
| Longitud (km)                      | 1.6                                     | 1.6                                       | 2.1                                      | 2.1  |
| Velocidad circulación prom. (km/h) | 30                                      | 60  | 30                                       | 70   |
| Tiempo (min)                       | 3.2                                     | 1.6                                       | 4.2                                      | 1.8  |
| <b>Ahorro de tiempo (min)</b>      |   | <b>1.6</b>                                |  | <b>2.4</b>                                 |

*Nota.* Se obtiene un ahorro de tiempo de 1.6 min y 2.4 min. Elaborado por: El autor.

#### 10.4.4. Costo por servicios de taxis

El ahorro de tiempo de viaje explicado en el apartado anterior genera directamente un ahorro en la economía de los usuarios que utilizan el servicio de taxis al movilizarse por esta avenida. El costo por minuto por la prestación de dicho servicio es de diez centavos de dólar, en consecuencia, se tiene lo siguiente:

**Tabla 140**

*Gastos por Servicio de Taxi antes de la Ejecución de la Obra*

| Tipo de vehículo | Vía (km) | TPDA | TPDA (Taxis) | Costo por min (\$) | Costo total de una unidad(\$) | Costo total anual |
|------------------|----------|------|--------------|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| Liviano (2D)     | 1.3      | 9548 | 477          | 0.1                | 0.370                         | <b>64472.87</b>   |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 64 472.87. Elaborado por: Autor, 2021.

**Tabla 141**

*Gastos por Servicio de Taxi Después de la Ejecución de la Obra*

| Tipo de vehículo | Vía (km) | TPDA | TPDA (Taxis) | Costo por min (\$) | Costo total de una unidad(\$) | Costo total anual |
|------------------|----------|------|--------------|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| Liviano (2D)     | 1.3      | 9548 | 477          | 0.1                | 0.170                         | <b>29622.67</b>   |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 29 622.67. Elaborado por: El autor.

Una vez culminado el análisis de gastos por servicio de taxis antes y después de la ejecución de la obra, se tiene un ahorro de \$ 34850.20 dólares americanos anualmente.

#### 10.4.5. Plusvalía

De acuerdo al plan de desarrollo territorial se indica que para la zona donde se implantará el proyecto, su costo por metro cuadrado de tierra en zonas de influencia directa está en \$ 215, mientras que en zonas de influencia indirecta está en \$ 175. Una vez terminado el proyecto se estima que el precio de las tierras tendrá un incremento del 12%, por lo cual se tiene \$ 240.80 por metro cuadrado para zonas de influencia

directa y \$ 196 para zonas de influencia indirectas. A continuación, se indica el costo total de plusvalía a obtenerse al culminar el proyecto.

**Tabla 142**

*Plusvalía Antes del Proyecto*

| <b>Zona de influencia</b>    | <b>Área (Ha)</b> | <b>Área (m2)</b> | <b>Costo (\$)</b> | <b>Precio total plusvalía (\$)</b> |
|------------------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
| Directa                      | 2.29             | 22887.00         | 215.00            | 4 920 705                          |
| Indirecta                    | 3.66             | 36619.20         | 175.00            | 6 408 360                          |
| Total de plusvalía antes (A) |                  |                  |                   | <b>11 329 065</b>                  |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 11 329 065. Elaborado por: El autor.

**Tabla 143**

*Plusvalía Después del Proyecto*

| <b>Zona de influencia</b>      | <b>Área (Ha)</b> | <b>Área (m2)</b> | <b>Costo (\$)</b> | <b>Precio total plusvalía (\$)</b> |
|--------------------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------------------------|
| Directa                        | 2.29             | 22887.00         | 240.80            | 5 511 189.60                       |
| Indirecta                      | 3.66             | 36619.20         | 196.00            | 7 177 363.20                       |
| Total de plusvalía después (B) |                  |                  |                   | <b>12 688 552.80</b>               |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 12 688 558.80. Elaborado por: El autor.

El incremento de plusvalía se obtiene de la diferencia entre (B) - (A), resultando así un valor igual a 1 359 487.80 dólares americanos.

## **10.5. Evaluación económica financiera**

### ***10.5.1. Mantenimiento vial***

El cuidado vial se lleva a cabo a partir de actividades de carácter técnico y estético que aportan a los ciudadanos seguridad y confort al momento de transitar por la vía. Se debe analizar un correcto periodo de tiempo para realizar el debido mantenimiento, sea este urgente, periódico o rutinario.

**Tabla 144***Mantenimiento Vial al Primer Año de Operación*

| N°           | Descripción  | Unidad | Cantidad | P. Unitario | N° veces | Total          |
|--------------|--|--------|----------|-------------|----------|----------------|
| 1            | Limpieza de sumideros (a mano)                       | u      | 51       | 4.51        | 1        | 230.01         |
| 2            | Mantenimiento de árboles poda baja, incluye desalojo | u      | 103      | 2.04        | 1        | 210.12         |
| 3            | Mantenimiento área verde                             | m2/mes | 1800     | 0.23        | 12       | 4968           |
| <b>Total</b> |  |        |          |             |          | <b>5408.13</b> |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 5 408.13. Elaborado por: El autor.

**Tabla 145***Mantenimiento Vial al Segundo Año de Operación*

| N°           | Descripción  | Unidad | Cantidad | P. Unitario | N° veces | Total           |
|--------------|--|--------|----------|-------------|----------|-----------------|
| 1            | Limpieza de sumideros (a mano)                       | u      | 51       | 4.51        | 1        | 230.01          |
| 2            | Mantenimiento de árboles poda baja, incluye desalojo | u      | 103      | 2.04        | 1        | 210.12          |
| 3            | Mantenimiento área verde                             | m2/mes | 1800     | 0.23        | 12       | 4968            |
| 4            | Sellado con slurry tipo II                           | m2     | 22887    | 2.09        | 1        | 47833.83        |
| <b>Total</b> |  |        |          |             |          | <b>53241.96</b> |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 53 241.96. Elaborado por: El autor.

**Tabla 146***Mantenimiento Vial al Sexto Año de Operación*

| N°           | Descripción   | Unidad | Cantidad | P. Unitario | N° veces | Total           |
|--------------|---|--------|----------|-------------|----------|-----------------|
| 1            | Limpieza de sumideros (a mano)                          | u      | 51       | 4.51        | 1        | 230.01          |
| 2            | Mantenimiento de árboles poda baja, incluye desalojo    | u      | 103      | 2.04        | 1        | 210.12          |
| 3            | Mantenimiento área verde                                | m2/mes | 1800     | 0.23        | 12       | 4968            |
| 4            | Sellado con slurry tipo II                              | m2     | 22887    | 2.09        | 1        | 47833.83        |
| 5            | Bacheo asfáltico mecánico (mat/trans/fres/tend/compact) | m3     | 70       | 197.68      | 1        | 13837.6         |
| <b>Total</b> |   |        |          |             |          | <b>67079.56</b> |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 67 079.56. Elaborado por: El autor.

**Tabla 147***Mantenimiento Vial al Décimo Año de Operación*

| N°           | Descripción  | Unidad | Cantidad | P. Unitario | N° veces | Total            |
|--------------|--|--------|----------|-------------|----------|------------------|
| 1            | Limpieza de sumideros (a mano)                       | u      | 51       | 4.51        | 1        | 230.01           |
| 2            | Mantenimiento de árboles poda baja, incluye desalojo | u      | 103      | 2.04        | 1        | 210.12           |
| 3            | Mantenimiento área verde                             | m2/mes | 1800     | 0.23        | 12       | 4968             |
| 4            | Fresado de pavimento asfáltico                       | m3     | 1200     | 5.28        | 1        | 6336             |
| 5            | Carpeta asfáltica 2" (trans/tendido/compact/sella)   | m2     | 22887    | 7.84        | 1        | 179434.08        |
| <b>Total</b> |  |        |          |             |          | <b>191178.21</b> |

*Nota.* Se obtiene un valor total igual a \$ 191 178.21. Elaborado por: El autor.

**10.5.2. Valor actual neto (VAN)**

Es un criterio de inversión financiero, que indica si un proyecto va ser viable o no, por medio de los cobros y pagos futuros de un proyecto se podrá relacionar oportunidades de inversión en diferente tiempo.

- Si, el VAN > 0; el proyecto es viable
- Si, el VAN < 0; el proyecto no es viable
- Si, el VAN = 0, el proyecto es indiferente.

Su valor puede ser establecido por medio de la siguiente fórmula.

$$V.A.N. = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - lo$$

Dónde:

Vt = Representa los flujos de caja en cada periodo t.

lo = Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n = Es el número de periodos considerado.

k = Es el valor de interés

El valor del interés (k) se lo puede determinar en función del año y mes en que se está realizando la evaluación del proyecto, para nuestro caso es el año 2021, mes de

marzo, por consiguiente, los valores obtenidos de la página web del Banco Central del Ecuador son:

$$k = \text{Tasa pasiva} + \text{EMBI (Riesgo país)}$$

Donde:

$$\text{Tasa pasiva} = 5.53 \%$$

$$\text{EMBI (Riesgo país)} = 8.24 \%$$

$$k = 5.53 \% + 8.24 \%$$

$$k = 13.77 \%$$

A continuación, se indica la tabla respecto al valor actual neto (VAN) del proyecto.

**Tabla 148**

*Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)*

| Años                           | Ingresos (A) | Egresos (B)       | Flujo neto (A-B) | Factor $((1+k)^t)$ | $\frac{Vt}{(1+k)^t}$ | VAN acumulado   |
|--------------------------------|--------------|-------------------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
| 0                              | inversión    | <b>1329155.49</b> | -1329155.49      | 1.00               | -1329155.49          | -1329155.49     |
| 1                              | 1400589.54   | 5408.13           | 1395181.41       | 1.14               | 1226317.49           | -102838.00      |
| 2                              | 43502.08     | 53241.96          | -9739.88         | 1.29               | -7524.85             | -110362.85      |
| 3                              | 46042.60     | 5408.13           | 40634.47         | 1.47               | 27593.79             | -82769.06       |
| 4                              | 48731.49     | 5408.13           | 43323.36         | 1.68               | 25858.96             | -56910.09       |
| 5                              | 51577.41     | 5408.13           | 46169.28         | 1.91               | 24222.24             | -32687.85       |
| 6                              | 54589.53     | 67079.56          | -12490.03        | 2.17               | -5759.66             | -38447.51       |
| 7                              | 57777.56     | 5408.13           | 52369.43         | 2.47               | 21226.75             | -17220.76       |
| 8                              | 61151.77     | 5408.13           | 55743.64         | 2.81               | 19859.73             | 2638.96         |
| 9                              | 64723.03     | 5408.13           | 59314.90         | 3.19               | 18574.37             | 21213.33        |
| 10                             | 68502.86     | 191178.21         | -122675.35       | 3.63               | -33766.01            | -12552.68       |
| 11                             | 72503.43     | 5408.13           | 67095.30         | 4.13               | 16232.55             | 3679.87         |
| 12                             | 76737.63     | 53241.96          | 23495.67         | 4.70               | 4996.37              | 8676.24         |
| 13                             | 81219.10     | 5408.13           | 75810.97         | 5.35               | 14170.04             | 22846.29        |
| 14                             | 85962.30     | 5408.13           | 80554.17         | 6.09               | 13234.25             | 36080.54        |
| 15                             | 90982.50     | 5408.13           | 85574.37         | 6.92               | 12357.41             | 48437.95        |
| 16                             | 96295.88     | 67079.56          | 29216.32         | 7.88               | 3708.36              | 52146.30        |
| 17                             | 101919.55    | 5408.13           | 96511.42         | 8.96               | 10767.30             | 62913.60        |
| 18                             | 107871.66    | 5408.13           | 102463.53        | 10.20              | 10047.77             | 72961.37        |
| 19                             | 114171.36    | 5408.13           | 108763.23        | 11.60              | 9374.64              | 82336.01        |
| 20                             | 120838.97    | 191178.21         | -70339.24        | 13.20              | -5328.96             | 77007.05        |
| <b>Valor actual neto (VAN)</b> |              |                   |                  |                    |                      | <b>77007.05</b> |

**Nota.** Se aprecia un valor actual neto (VAN) igual a \$ 77 007.05, lo que manifiesta que el proyecto es viable. Elaborado por: El autor.

### 10.5.3. Tasa interna de retorno (TIR)

Es un porcentaje que establece si la inversión en el proyecto es viable, relacionado con el valor actual neto (VAN), dado que la (TIR) hace que el (VAN) sea igual a cero, por medio de la tasa de descuento. Se debe tener en cuenta las siguientes reglas.

- Cuando la TIR > tasa de descuento de flujos (k); el proyecto es viable
- Cuando la TIR < 0; el proyecto no es viable
- Cuando la TIR = tasa de descuento de flujos (k), el proyecto es indiferente.

El valor de la tasa interna de retorno (TIR), se la calcula con la siguiente fórmula:

$$V.A.N. = 0 = \sum \frac{Vt}{(1 + TIR)^t} - I_0$$

**Tabla 149**

*Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)*

| Años | Ingresos (A) | Egresos (B) | Flujo neto (A-B) | Factor (1+TIR) <sup>t</sup> | $\frac{Vt}{(1 + TIR)^t}$ | VAN acumulado |
|------|--------------|-------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------|
| 0    | inversión    | 1329155.49  | -1329155.49      | 1.00                        | -1329155.49              | -1329155.49   |
| 1    | 1400589.54   | 5408.13     | 1395181.41       | 1.17                        | 1190909.24               | -138246.25    |
| 2    | 43502.08     | 53241.96    | -9739.88         | 1.37                        | -7096.59                 | -145342.83    |
| 3    | 46042.60     | 5408.13     | 40634.47         | 1.61                        | 25271.94                 | -120070.89    |
| 4    | 48731.49     | 5408.13     | 43323.36         | 1.88                        | 22999.27                 | -97071.62     |
| 5    | 51577.41     | 5408.13     | 46169.28         | 2.21                        | 20921.51                 | -76150.11     |
| 6    | 54589.53     | 67079.56    | -12490.03        | 2.59                        | -4831.16                 | -80981.27     |
| 7    | 57777.56     | 5408.13     | 52369.43         | 3.03                        | 17290.75                 | -63690.52     |
| 8    | 61151.77     | 5408.13     | 55743.64         | 3.55                        | 15710.11                 | -47980.41     |
| 9    | 64723.03     | 5408.13     | 59314.90         | 4.16                        | 14269.07                 | -33711.34     |
| 10   | 68502.86     | 191178.21   | -122675.35       | 4.87                        | -25190.52                | -58901.86     |
| 11   | 72503.43     | 5408.13     | 67095.30         | 5.71                        | 11760.34                 | -47141.52     |
| 12   | 76737.63     | 53241.96    | 23495.67         | 6.68                        | 3515.31                  | -43626.21     |
| 13   | 81219.10     | 5408.13     | 75810.97         | 7.83                        | 9681.79                  | -33944.42     |
| 14   | 85962.30     | 5408.13     | 80554.17         | 9.17                        | 8781.32                  | -25163.10     |
| 15   | 90982.50     | 5408.13     | 85574.37         | 10.75                       | 7962.76                  | -17200.34     |
| 16   | 96295.88     | 67079.56    | 29216.32         | 12.59                       | 2320.56                  | -14879.78     |
| 17   | 101919.55    | 5408.13     | 96511.42         | 14.75                       | 6543.26                  | -8336.51      |
| 18   | 107871.66    | 5408.13     | 102463.53        | 17.28                       | 5929.70                  | -2406.81      |
| 19   | 114171.36    | 5408.13     | 108763.23        | 20.24                       | 5372.72                  | 2965.91       |
| 20   | 120838.97    | 191178.21   | -70339.24        | 23.72                       | -2965.91                 | 0.00          |

**Nota.** Se obtuvo un valor de tasa interna de retorno (TIR) igual a 17.15%, dicho valor nos indica que el proyecto es viable. Elaborado por: El autor.

$$TIR > (k)$$

17.15% > 13.77% Proyecto viable

#### 10.5.4. Relación beneficio-costo (B/C)

Es una comparación de los valores de beneficios y costos del proyecto, permitiéndonos conocer la rentabilidad y definir su viabilidad.

- Cuando la relación B/C > 1; proyecto rentable.
- Cuando la relación B/C < 1; proyecto no rentable.
- Cuando la relación B/C = 1; proyecto rentablemente indiferente.

Su cálculo se determina por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{B}{C} = \frac{VAN(\text{ingresos})}{VAN(\text{costos})}$$

**Tabla 150**

*Cálculo Beneficio-Costo (B/C)*

| Años                                  | Ingresos (A) | Egresos (B) | Factor (1+k)^t | VAN Ingresos | VAN Egresos |
|---------------------------------------|--------------|-------------|----------------|--------------|-------------|
| 0                                     | inversión    | 1329155.49  | 1.00           | 0.00         | 1329155.49  |
| 1                                     | 1400589.54   | 5408.13     | 1.14           | 1231071.06   | 4753.56     |
| 2                                     | 43502.08     | 53241.96    | 1.29           | 33608.92     | 41133.77    |
| 3                                     | 46042.60     | 5408.13     | 1.47           | 31266.31     | 3672.52     |
| 4                                     | 48731.49     | 5408.13     | 1.68           | 29086.98     | 3228.02     |
| 5                                     | 51577.41     | 5408.13     | 1.91           | 27059.56     | 2837.32     |
| 6                                     | 54589.53     | 67079.56    | 2.17           | 25173.45     | 30933.12    |
| 7                                     | 57777.56     | 5408.13     | 2.47           | 23418.81     | 2192.06     |
| 8                                     | 61151.77     | 5408.13     | 2.81           | 21786.48     | 1926.75     |
| 9                                     | 64723.03     | 5408.13     | 3.19           | 20267.91     | 1693.55     |
| 10                                    | 68502.86     | 191178.21   | 3.63           | 18855.20     | 52621.21    |
| 11                                    | 72503.43     | 5408.13     | 4.13           | 17540.95     | 1308.40     |
| 12                                    | 76737.63     | 53241.96    | 4.70           | 16318.31     | 11321.94    |
| 13                                    | 81219.10     | 5408.13     | 5.35           | 15180.89     | 1010.85     |
| 14                                    | 85962.30     | 5408.13     | 6.09           | 14122.75     | 888.50      |
| 15                                    | 90982.50     | 5408.13     | 6.92           | 13138.37     | 780.96      |
| 14                                    | 96295.88     | 67079.56    | 7.88           | 12222.60     | 8514.24     |
| 15                                    | 101919.55    | 5408.13     | 8.96           | 11370.66     | 603.36      |
| 16                                    | 107871.66    | 5408.13     | 10.20          | 10578.10     | 530.33      |
| 19                                    | 114171.36    | 5408.13     | 11.60          | 9840.79      | 466.14      |
| 20                                    | 120838.97    | 191178.21   | 13.20          | 9154.86      | 14483.82    |
| Valor actual neto                     |              |             |                | 1591062.98   | 1514055.92  |
| <b>Relación beneficio-costo (B/C)</b> |              |             |                | <b>1.05</b>  |             |

*Nota.* Se aprecia que la relación beneficio-costo (B/C) tiene un valor mayor a 1, por consiguiente, el proyecto resulta rentable. Elaborado por: El autor.

## 10.6. Fórmula polinómica

Es una conceptualización matemática respecto a la configuración de los costos en el presupuesto del proyecto. El reajuste de los valores generados al ejecutar la obra se realiza de forma automática debido a la variación de precios, en otras palabras, se debe actualizar los costos generados por la obra al año actual.

La justificación de los coeficientes de la fórmula matemática se presenta en los anexos correspondientes a este capítulo.

“Los contratos de ejecución de obras, adquisición de bienes o de prestación de servicios a que se refiere la Ley, cuya forma de pago corresponda al sistema de precios unitarios, se sujetarán al sistema de reajuste de precios previsto en este capítulo.” (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 36)

La fórmula matemática que debe constar necesariamente en el contrato para el reajuste de precios es la siguiente:

$$Pr = Po (p1*B1/Bo + p2*C1/Co + p3* D1/Do + p4*E1/Eo...pnZ1/Zo + px*X1/Xo)$$

Donde:

Pr: Valor reajustado del anticipo o de la planilla. (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 37).

Po: Valor del anticipo o de la planilla calculada con las cantidades de obra ejecutado a los precios unitarios contractuales descontada la parte proporcional del anticipo, de haberlo pagado. (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 37).

p1: Coeficiente del componente mano de obra. (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 37).

p2, p3, p4... pn: Coeficiente de los demás componentes principales. (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 37).

B1: Sueldos y salarios mínimos de una cuadrilla tipo, expedidos por la ley o acuerdo ministerial para las correspondientes ramas de actividad, más remuneraciones

adicionales y obligaciones patronales de aplicación general que deban pagarse a todos los trabajadores en el país, exceptuando el porcentaje de participación de los trabajadores en las utilidades de la empresa, los viáticos, subsidios y beneficios de orden social; esta cuadrilla tipo estará conformada sobre la base de los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada, vigente a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obra. (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 37).

Bo: Sueldos y salarios mínimos de una cuadrilla tipo, fijados por ley o acuerdo ministerial para las correspondientes ramas de actividad, más remuneraciones adicionales y obligaciones patronales de aplicación general que deban pagarse a todos los trabajadores en el país, exceptuando el porcentaje de la participación de los trabajadores en las utilidades de empresa, los viáticos, subsidios y beneficios de orden social; esta cuadrilla tipo estará conformada en base a los análisis de precios unitarios de la oferta adjudicada, vigentes treinta días antes de la fecha de cierre para la presentación de las ofertas que constará en el contrato. (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 37).

C1, D1, E1...Z1: Los precios o los índices de precios de los componentes principales a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obras. (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 37).

Co, Do, Eo...Zo: Los precios o índices de precios de los componentes principales vigentes treinta días antes de la fecha de cierre para la presentación de las ofertas, fecha que constará en el contrato. (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 37).

px: Coeficiente de los otros componentes, considerados como "no principales", cuyo valor no excederá de 0,200. (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 37).

X1: Índice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a falta de éste, el índice de precios al consumidor a la fecha de pago del anticipo o de las planillas de ejecución de obras. (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 38).

Xo: Índice de componentes no principales correspondiente al tipo de obra y a la falta de éste, el índice de precios al consumidor treinta días antes de la fecha de cierre de la presentación de las ofertas, que constará en el contrato. (Sistema Nacional de Contratación Pública, 2011, Cap. VII, pág. 37).

A continuación, se indican los factores obtenidos (p1, p2, p3, p4..., pn) para cada clasificación respectivamente, se lo realizó tomando en cuenta el presupuesto actual, indicado en el apartado 10.2.1.

**Tabla 151**

*Coefficientes de la Fórmula Polinómica*

| <b>Símbolo</b> | <b>Descripción</b>   | <b>C. directo</b> | <b>Factor</b> |
|----------------|--|-------------------|---------------|
| <b>MO</b>      | Mano de obra   | 71250.42          | 0.062         |
| <b>E</b>       | Equipos y maquinaria de construcción vial                                  | 253662.33         | 0.219         |
| <b>H</b>       | Acero y Hierro   | 8907.74           | 0.008         |
| <b>C</b>       | Cemento Portland   | 12433.56          | 0.011         |
| <b>A</b>       | Betún petróleo (Asfalto)   | 363903.30         | 0.315         |
| <b>MP</b>      | Material pétreo  | 298298.16         | 0.258         |
| <b>I</b>       | Material inflamable, Combustibles (Mezcla 5% gasolina extra; y 95% Diésel) | 5219.89           | 0.005         |
| <b>G</b>       | Productos geosintéticos  | 126345.57         | 0.109         |
| <b>M</b>       | Madera aserrada, cepillada y/o escuadrada (preparada)                      | 1224.92           | 0.001         |
| <b>V</b>       | Varios   | 14578.27          | 0.013         |
| <b>Total</b>   |  | <b>1155824.17</b> | <b>1.000</b>  |

**Nota.** La suma de los factores debe dar uno. Elaborado por: El autor.

A continuación, se presenta una tabla con la fórmula polinómica del proyecto.

## Tabla 152

### *Fórmula Polinómica del Proyecto*

---

**Fórmula polinómica para el reajuste de precios del proyecto: Ampliación vial Av. General Enríquez (tramo redondel C.C. River Mall – Academia de Guerra).**

---

$$Pr = Po (0.0616 B1/Bo + 0.2195 C1/Co + 0.0077 D1/Do + 0.0108 E1/Eo + 0.3148 F1/Fo + 0.2581 G1/Go + 0.0045 H1/Ho + 0.1093 I1/Io + 0.0011 J1/Jo + 0.0126 X1/Xo)$$

---

*Nota.* Factores colocados en la fórmula general polinómica. Elaborado por: El autor.

### **10.7. Cronograma valorado del proyecto**

El cronograma valorado se lo puede determinar a partir de la programación de cada rubro planteado en el presupuesto del proyecto, se lo realizó en una hoja electrónica del software Excel, obteniendo un periodo de ejecución igual a 4 meses, el cual ayudará a controlar la inversión mensualmente. El cronograma valorado del proyecto se encuentra en los anexos correspondientes a este capítulo.

### **10.8. Ruta crítica**

La ruta crítica representa la secuencia extensa de actividades a ejecutarse en un proyecto determinado en forma larga, se debe tratar de cumplir al máximo las actividades programadas. El objetivo principal es optimar los precios de cada rubro proyectado. La ruta crítica de este proyecto se encuentra en los anexos correspondientes a este capítulo, el mismo que se realizó en el software Microsoft Project.

### **10.9. Especificaciones técnicas**

Las especificaciones técnicas indican las disposiciones y requerimientos que se deben cumplir al ejecutar la construcción de la obra, si se llevan a cabo estas especificaciones se tiene garantía y calidad del trabajo efectuado. Las especificaciones técnicas a utilizar en este proyecto se encuentran en los anexos correspondientes a este capítulo.

## CONCLUSIONES

La topografía respecto al trazado definitivo originó un área de estudio igual a 19 ha, representada a una escala 1:1000, el tipo de terreno es plano presentando una pendiente longitudinal máxima de 2.74 %, una pendiente promedio igual a 1.47%, su altitud mínima es de 2481.5 m.s.n.m. y máxima de 2503.3 m.s.n.m.

El estudio de tráfico dio como resultado un tráfico promedio diario anual (TPDA) igual a 10 747 vehículos para el año 2020, con una proyección de 35 206 vehículos para el año 2040, por consiguiente, de acuerdo a la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras (2003), la vía en estudio tiene una clase de carretera tipo R-I o R-II con la función de corredor arterial, por otro lado, se obtuvo un total de número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas igual a 32 960 188.

El diseño geométrico de la vía tiene una longitud igual a 1.28 kilómetros respecto al trazado definitivo, conformada por una sección transversal total de 20.4 metros, la cual está constituida en el sentido Norte – Sur por 3 carriles de 3.5 metros de ancho cada uno, en sentido Sur – Norte presenta dos carriles de 3.8 metros de ancho, además cuenta con un parterre de ancho variable entre 1 y 1.9 metros, su pendiente transversal o de bombeo es igual al 2% , el ancho de calzada está limitado por bordillos de 0.2 metros de espesor, por otro lado, se obtuvo una velocidad de diseño igual a 95 km/h y una velocidad de circulación igual a 59.5 km/h.

La mina elegida para llevar a cabo la ejecución de la obra vial fue Construarenas, la cual posee una extensión aproximada de 36 hectáreas, dicha mina cumple con los requerimientos para abastecer de material pétreo en la realización de este proyecto, adicionalmente se encuentra ubicada a una distancia de 24.1 km del centro de gravedad del proyecto, por otro lado, cumple con las especificaciones técnicas para los agregados y dispone de los permisos de funcionamiento.

El tipo de suelo de acuerdo a las 3 calicatas realizadas a una profundidad de 1.5 m, donde se pudo extraer muestras inalteradas, para posterior ser analizadas en el laboratorio, determinaron que el proyecto posee suelos de tipo SM y ML según la clasificación SUCS, y suelos de tipo A-2-4 y A-4 según la clasificación AASHTO.

La estructura del pavimento flexible fue determinada para un periodo de diseño de 20 años, por el método de diseño AASHTO 93, usado generalmente para una alta circulación vehicular, de esta forma se obtuvo un espesor total de la estructura de pavimento igual a 77.5 centímetros, la cual está dividida en 12.5 cm de carpeta asfáltica, 30 cm de base granular clase I y 35 cm de sub-base granular clase I.

El sistema de drenaje adecuado para interceptar el caudal pluvial en una zona urbana son los sumideros, para el presente proyecto se diseñó sumideros laterales o de ventana, para los cuales todos los caudales de intercepción cumplen para el diseño, siendo estos mayores al caudal de captación, además de respetar las velocidades admisibles. El total de sumideros corresponde a un numero de 51, de los cuales 14 sumideros tipo ventana fueron añadidos en la vía principal, en calles que intersecan a la avenida se incluyeron 6 sumideros, 2 en la calle Rio Coca, 2 en la calle Sucumbíos, y dos en la calle Bahía de Caráquez, todos estos sumideros de aguas lluvias se empatan a las redes combinadas de la Urbanización. Yaguachi para ser descargadas en el rio Santa Clara.

Se deberá considerar de manera prioritaria realizar el cambio de la tubería matriz con sus respectivas conexiones domiciliarias de agua potable porque actualmente se encuentra la red de agua potable en malas condiciones.

El proyecto es viable puesto que el valor actual neto (VAN) es positivo, con una cantidad igual a \$ 77 007.05, esto indica que los ingresos a 20 años cubrirán la inversión efectuada.

El proyecto manifiesta una tasa interna de retorno (TIR) del 17.15%, valor mayor al mínimo aceptable de acuerdo al mes de evaluación (marzo 2021) igual a 13.77%, razón por la cual el proyecto es viable.

La relación beneficio-costo (B/C), presenta un valor igual a 1.05, lo que significa que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 5 ctv, por consiguiente, el proyecto resulta rentable.

La construcción de la ampliación vial de la Avenida General Enríquez, tramo Centro Comercial River Mall – Academia de Guerra, se considerará en el Plan Operativo Anual (POA) del año 2022, por consiguiente, se concluye que el estudio del presente proyecto será un aporte valioso para su futura ejecución.

El estudio del tramo Academia de Guerra – El Triángulo, no se consideró en su totalidad, por razón presupuestaria del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui (GADMUR).

## RECOMENDACIONES

Una vez terminado el proyecto, se recomienda inspeccionar el estado del pavimento anualmente, con el fin de mantener el buen estado de la vía, y prevenir la presencia de patologías en el pavimento, de presentarse desperfectos, el departamento encargado por parte del (GADMUR) realizará los correspondientes mantenimientos.

El gobierno autónomo descentralizado del cantón Rumiñahui (GADMUR), deberá comprometerse a capacitar a los usuarios que circularan por la vía acerca del respeto a las señalizaciones de tránsito instauradas, generando seguridad al transitar por esta avenida de alto tráfico.

Se recomienda que de manera técnica se realice el cambio de la tubería matriz de agua potable y se considere una red de agua potable al lado derecho de la Av. Gral. Enríquez (sentido River Mall – Academia de guerra), por motivo que ya cumplió su vida útil y que para empates o conexiones domiciliarias futuras se pueda ejecutarlas de mejor manera y evitar los cruces o excavaciones largas y no afectar todo el ancho de la vía, siendo una vía de alto tráfico.

Se recomienda que para el correcto funcionamiento de los sumideros se realice el mantenimiento de los mismos de manera mensual, y en periodo de invierno de manera semanal, puesto que las fuertes precipitaciones ocasionan el taponamiento de estas estructuras de drenaje, que pueden generar posibles inundaciones.

Se recomienda que durante el proceso de construcción es necesario realizar los ensayos de control, para verificar la uniformidad y la calidad de los materiales de Sub-base y Base a utilizar en la estructura del pavimento.

Se recomienda repintar anualmente las señalizaciones horizontales de la vía, mantener en buenas condiciones las señaléticas verticales y verificar el correcto funcionamiento de los semáforos, para preservar la seguridad de los usuarios que circulan por esta avenida.

Se recomienda que la ejecución del proyecto no se lleve a cabo en periodo lluvioso, puesto que se paralizaría temporalmente la obra y generaría incumplimiento en el cronograma planteado.

Se recomienda realizar la siembra de árboles nativos del cantón Rumiñahui, distribuidos correctamente en el parterre central, especies como por ejemplo mirto, arrayan, cepillo rojo, acacia al ser arbustos y árboles ornamentales de manejo sencillo, sus medidas no afectarían en la circulación de vehículos.

## REFERENCIAS

AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*.

<https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>

AASHTO. (2006). *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_)

Agudelo, J. (2002). *Diseño Geométrico de Vías Ajustado al Manual Colombiano*. *Textos*

*Universitarios*. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>

ASTM D 4318, A. (2016). Límite Líquido, Límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos. *Applied Clay Science*, 29(2).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2014.07.035><http://dx.doi.org/10.1016/j.bsecv.2015.12.001><http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1179/096797899680327>

Auqui, J., & Ramírez, D. (2019). *Elaboración de una guía práctica para el diseño estructural de carreteras* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. *Tesis*. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>

Barreto, S. L., Banguera, J., & Córdova, J. (2018). Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método aashto 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, 10(1), 59-68.

Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*.

<https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>

- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Sacramento: Cengage Learning Latin Am. <https://pdfslide.net/documents/fundamentos-de-ingenieria-geotecnica-braja-m-das-4ta-edicionpdf.html>
- Espinoza, G. (2007). *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago: BID. <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1052.pdf>
- FONADE. (2013). *Fondo financiero de proyectos de desarrollo – Volumen iii*. Estudio de hidráulica, hidrología y socavación. <https://xdocs.pl/doc/vol-03-estudio-de-hidraulica-hidrologia-y-socavacion-v7-vod4jxjy4do6>
- Grisales, J. C. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: ECOE. <https://www.edukations.com/wp-content/uploads/2019/01/Dise%C3%B1o-Geom%C3%A9trico-de-Carreteras-2da-Edici%C3%B3n-James-C%C3%A1rdenas-Grisales-1.pdf>
- Higuera Sandoval, C. H. (2011). *Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras*. <https://catalogo.escuelaing.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=18365>
- INAMHI. (2015). Anuario Meteorológico Nº 52-2012. *Servicio Meteorológico, 52*. [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am\\_2012.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am_2012.pdf)
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2012). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas Del Ecuador, Volumen 2A*. Norma para estudios y diseños viales.
- Mop-001-F 2002. (2002). *Publicas Y Comunicaciones Mop - 001-F 2002*. [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013\\_ConcursoPublico\\_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf)
- MTOP. (2003). Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. *Mtop, 2*. [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)

- NDA-EMAAP-Q. (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q*. Empresa metropolitana de alcantarillado y agua potable.  
[http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS\\_ALCANTARILLADO\\_EMAAP.pdf](http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf)
- NEVI-12-2B-MTOP. (2012). *Norma Para Estudios Y Diseño Vial*. MTOP-NEVI-12-2B, N°2-LibroB, Volumen N°2 – Libro B
- NEVI-12-3-MTOP. (2013). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Ministerio de Transporte y Obras Públicas Del Ecuador, 3.
- NEVI-12-5-MTOP. (2013). Norma Ecuatoriana Vial. *Procedimiento de Operación y Seguridad Vial*, 5. [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_5.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_5.pdf)
- Norma ASTM D-2216-98, A. (2019). MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE SUELOS Y ROCAS POR MASA. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9).
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui, R. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial Actualización 2014 - 2019*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cantón Rumiñahui.
- Posso.H. (2009). *Manual de drenaje para carreteras INVIAS*. Manual para hidrología, hidráulica con aplicación en el diseño y construcción de obras típicas para el drenaje y subdrenaje de carreteras.  
[https://www.academia.edu/7467836/48896432\\_MANUAL\\_DE\\_DRENAJE\\_INVIAS](https://www.academia.edu/7467836/48896432_MANUAL_DE_DRENAJE_INVIAS)

- RTDCS-BOLIVIA. (2007). *Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros*. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad.
- [https://www.academia.edu/25999190/REGLAMENTO\\_T%C3%89CNICO\\_DE\\_DISE%C3%91O\\_DE\\_CUNETAS\\_Y\\_SUMIDEROS\\_Reglamento\\_t%C3%A9cnico\\_de\\_dise%C3%B1o\\_de\\_cunetas\\_y\\_sumideros\\_Reglamento\\_Nacional\\_NB\\_688\\_MINISTERIO\\_DE\\_L\\_AGUA\\_VICEMINISTERIO\\_DE\\_SERVICIOS\\_B%C3%81SICOS\\_Instituto\\_Bolivia\\_no\\_de\\_Normalizaci%C3%B3n\\_y\\_Calidad](https://www.academia.edu/25999190/REGLAMENTO_T%C3%89CNICO_DE_DISE%C3%91O_DE_CUNETAS_Y_SUMIDEROS_Reglamento_t%C3%A9cnico_de_dise%C3%B1o_de_cunetas_y_sumideros_Reglamento_Nacional_NB_688_MINISTERIO_DE_L_AGUA_VICEMINISTERIO_DE_SERVICIOS_B%C3%81SICOS_Instituto_Bolivia_no_de_Normalizaci%C3%B3n_y_Calidad)
- RTE INEN 004-1. (2011). *REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO Primera revisión. 2(SEÑALIZACIÓN VERTICAL)*. [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015\\_reglamento-tecnico-ecuadoriano-rte-inen-004-1-2011.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_reglamento-tecnico-ecuadoriano-rte-inen-004-1-2011.pdf)
- Secretaria de comunicaciones y transportes. (2016). *Manual para obtener los volúmenes de tránsito en carreteras*.
- [http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual\\_volumen\\_de\\_transito/Manual\\_volumenes\\_\\_2016\\_v2.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual_volumen_de_transito/Manual_volumenes__2016_v2.pdf)
- Sistema Nacional de Contratación Pública. (2011). *Reglamento a la ley organica sistema nacional contratacion publica*. [https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/downloads/2016/11/CONTRATO-REGLAMENTO\\_A\\_LA\\_LEY\\_ORGANICA\\_SISTEMA\\_NACIONAL\\_CONTRATACION\\_PUBLICA.pdf](https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/downloads/2016/11/CONTRATO-REGLAMENTO_A_LA_LEY_ORGANICA_SISTEMA_NACIONAL_CONTRATACION_PUBLICA.pdf)
- Vasquez, C. (2016). *Factores de equivalencia de daño en pavimentos flexibles : análisis para condiciones típicas de Argentina*. <https://core.ac.uk/download/pdf/301069152.pdf>
- Yáñez, G. (2010). *Diseño de pavimentos flexibles*. Apuntes documento de presentación PDF.

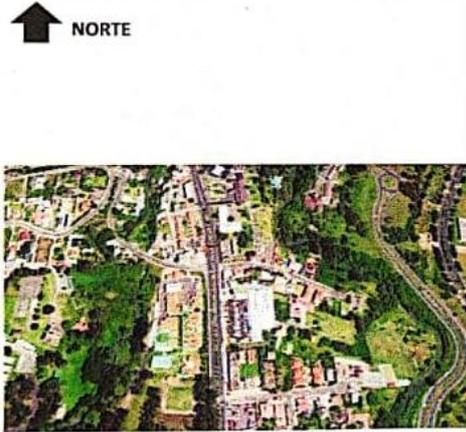
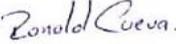
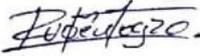
## ANEXOS

### Capítulo II



## INGENIEROS & ARQUITECTOS ASOCIADOS

### MONOGRAFÍA

|   |                   |  |             |
|---|-------------------|--|-------------|
| <b>PROYECTO:</b>  |                   | <b>PROYECTO DE TITULACIÓN DE GRADO</b>   |             |
| <b>NOMBRE DEL PUNTO:</b>  |                   | GPS 01   |             |
| <b>LOCALIZACIÓN DEL PUNTO</b>   |                   |  |             |
| <b>PAÍS:</b>  | ECUADOR           | <b>CANTÓN:</b>   | RUMIÑAHUI   |
| <b>PROVINCIA:</b>   | PICHINCHA         | <b>SITIO:</b>  | SANGOLQUI   |
| <b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>  |                   | <b>COORDENADAS UTM</b>   |             |
| <b>SISTEMA DE COORDENADAS:</b>  | WGS 84            | <b>ZONA:</b>   | 17 SUR      |
| <b>LATITUD (° ' ") :</b>  | 0°18'49.50887" S  | <b>NORTE (m):</b>  | 9965286.342 |
| <b>LONGITUD (° ' ") :</b>   | 78°27'03.41180" O | <b>ESTE (m):</b>   | 783735.714  |
| <b>ALT. ELIPSOIDAL (m):</b>   | 2507.882          | <b>ELEVACIÓN (m):</b>  | 2481.729    |
| <b>FECHA DE DETERMINACIÓN:</b>  |                   | 30/Nov./2020   |             |
| <b>NÚMERO DE REGISTRO:</b>  |                   | 006  |             |
| <b>CROQUIS</b>  |                   | <b>FOTOGRAFÍA PANORÁMICA</b>   |             |
|   |                   |   |             |
|   |                   | <b>UBICACIÓN</b>   |             |
|   |                   | El clavo se encuentra empotrado en la vereda izquierda de sur a norte en las calles Av. General Enríquez y Aurelio Naranjo.    |             |
| <b>ACCESIBILIDAD</b>  |                   |  |             |
| Partiendo desde las Avenidas Ilaló y General Enríquez se ingresa aproximadamente 2 kilómetros hasta la intersección de las calles General Enríquez y Aurelio Naranjo esquina. |                   |  |             |
| <b>Elaborado por:</b>   |                   | <b>Supervisado por:</b>  |             |
| <br>Egdo. Ronald Cueva F.<br>ASISTENTE TÉCNICO   |                   | <br>Ing. Rubén Mogro J.<br>GERENTE TÉCNICO |             |

Dirección: Av. 10 de Agosto N20-53 y Bolivia  
 Edificio Andrade, Oficina 206  
 Teléfonos: +593 984150815 (Claro)  
 +593 999225566 (Movistar)  
 E-mail: magroconstructores@hotmail.com





# INGENIEROS & ARQUITECTOS ASOCIADOS

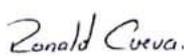
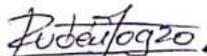
## MONOGRAFÍA

|  |                   |  |             |
|--|-------------------|--|-------------|
| <b>PROYECTO:</b>   |                   | <b>PROYECTO DE TITULACIÓN DE GRADO</b>   |             |
| <b>NOMBRE DEL PUNTO:</b>   |                   | GPS 02   |             |
| <b>LOCALIZACIÓN DEL PUNTO</b>  |                   |  |             |
| <b>PAÍS:</b>   | ECUADOR           | <b>CANTÓN:</b>   | RUMIÑAHUI   |
| <b>PROVINCIA:</b>  | PICHINCHA         | <b>SITIO:</b>  | SANGOLQUI   |
| <b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>   |                   | <b>COORDENADAS UTM</b>   |             |
| <b>SISTEMA DE COORDENADAS:</b> WGS 84  |                   | <b>ZONA:</b>   | 17 SUR      |
| <b>LATITUD (° ' ")</b> :   | 0°18'58.93954" S  | <b>NORTE (m):</b>  | 9964996.498 |
| <b>LONGITUD (° ' ")</b> :  | 78°27'02.30182" O | <b>ESTE (m):</b>   | 783769.986  |
| <b>ALT. ELIPSOIDAL (m):</b>  | 2511.516          | <b>ELEVACIÓN (m):</b>  | 2485.354    |
| <b>FECHA DE DETERMINACIÓN:</b>   |                   | 30/Nov./2020   |             |
| <b>NÚMERO DE REGISTRO:</b>   |                   | 007  |             |
| <b>CROQUIS</b>   |                   | <b>FOTOGRAFÍA PANORÁMICA</b>   |             |
| <p style="text-align: center;">↑ NORTE</p>   |                   |  |             |
|  |                   | <b>UBICACIÓN</b>   |             |
|  |                   | El clavo se encuentra empotrado en el Parterre central de la Av. General Enríquez a unos 30 metros de la calle transversal Grupo Febres Cordero. |             |
| <b>ACCESIBILIDAD</b>   |                   |  |             |
| Partiendo desde las Avenidas Ilaló y General Enríquez se ingresa aproximadamente 2,3 kilómetros hasta la intersección de las calles General Enríquez y Grupo Febres Cordero. |                   |  |             |
| <b>Elaborado por:</b>  |                   | <b>Supervisado por:</b>  |             |
| <p style="text-align: center;">Egdo. Ronald Cueva F.<br/>ASISTENTE TÉCNICO</p>   |                   | <p style="text-align: center;">Ing. Rubén Mogro J.<br/>GERENTE TÉCNICO</p>   |             |

Dirección: Av. 10 de Agosto N20-53 y Bolívar  
Edificio Andrade, Oficina 206  
Teléfonos: +593 984150815 (Claro)  
+593 998225566 (Movistar)  
E-mail: mogroconstructores@hotmail.com



## MONOGRAFÍA

|   |  |   |             |
|---|--|---|-------------|
| <b>PROYECTO:</b>  | <b>PROYECTO DE TITULACIÓN DE GRADO</b>   |   |             |
| <b>NOMBRE DEL PUNTO:</b>  | GPS 03   |   |             |
| <b>LOCALIZACIÓN DEL PUNTO</b>   |  |   |             |
| <b>PAÍS:</b>  | ECUADOR  | <b>CANTÓN:</b>  | RUMIÑAHUI   |
| <b>PROVINCIA:</b>   | PICHINCHA  | <b>SITIO:</b>   | SANGOLQUI   |
| <b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>  |  | <b>COORDENADAS UTM</b>  |             |
| <b>SISTEMA DE COORDENADAS:</b>  | WGS 84   | <b>ZONA:</b>  | 17 SUR      |
| <b>LATITUD (° ' ") :</b>  | 0°19'22.25123" S   | <b>NORTE (m):</b>   | 9964280.034 |
| <b>LONGITUD (° ' ") :</b>   | 78°27'00.27716" O  | <b>ESTE (m):</b>  | 783832.452  |
| <b>ALT. ELIPSOIDAL (m):</b>   | 2522.337   | <b>ELEVACIÓN (m):</b>   | 2496.151    |
| <b>FECHA DE DETERMINACIÓN:</b>  | 30/Nov./2020   |   |             |
| <b>NÚMERO DE REGISTRO:</b>  | 008  |   |             |
| <b>CROQUIS</b>  | <b>FOTOGRAFÍA PANORÁMICA</b>   |   |             |
|  <b>NORTE</b><br><br>                                  |   |   |             |
|   | <b>UBICACIÓN</b><br>El clavo se encuentra empotrado en el parterre central de la Av. General Enríquez a la altura de la calle transversal Sucumbíos, junto a la tapa de la caja del alcantarillado del Sector. |   |             |
| <b>ACCESIBILIDAD</b>  |  |   |             |
| Partiendo desde las Avenidas Ilaó y General Enríquez se avanza aproximadamente 3 kilómetros hasta la intersección de las calles General Enríquez y Sucumbíos, 150 metros antes de llegar al redondel Monumento Rumiñahui. |  |   |             |
| <b>Elaborado por:</b><br><br><br><b>Egdo. Ronald Cueva F.</b><br><b>ASISTENTE TÉCNICO</b>  |  | <b>Supervisado por:</b><br><br><br><b>Ing. Rubén Mogro J.</b><br><b>GERENTE TÉCNICO</b> |             |



**Capítulo IV (apartado 4.6.1)**



*Extracción de muestra 1 en campo. ABS. 0+000.*



*Extracción de muestra 1 en campo. ABS. 0+000.*



*Extracción de muestra 2 en campo. ABS. 0+50.*



*Extracción de muestra 2 en campo. ABS. 0+500.*



*Extracción de muestra 2 en campo. ABS. 1+000.*



*Extracción de muestra 3 en campo. ABS. 1+000.*

## Capítulo IV (apartado 4.6.2)

### Muestra 1



Calle R ó Manuel Rúaless N10-05 y Calle V,  
Cooperativa de Vivienda "Servidores de la Salud"  
Sector Puente peatonales 4 y 5  
De la Autopista General Rumifahui.  
Quito - Ecuador  
Teléfono: (593) 2 2835 771 Celular: 0997 469969  
www.geosoil.ec info@geosoil.ec

RUC: 1792392306001

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS - S.U.C.S. Y AASHTO

A.S.T.M. D2487-11; A.S.T.M. D3282

A.A.S.H.T.O. T - 176 - T - 89 - T - 90

|              |   |             |                    |
|--------------|---|-------------|--------------------|
| PROYECTO     | ESTUDIO DE AMPLIACIÓN AV.GENERAL ENRÍQUEZ                             | FECHA       | 16-feb-21          |
| UBICACIÓN    | SANGOLQUÍ, AV. GENERAL ENRÍQUEZ (C.C. RIVER MALL- ACADEMIA DE GUERRA) | REALIZADO   | ALEX SUNTAXI       |
| LOCALIZACIÓN | ABS: 0+000  | REVISADO    | SEGUNDO GUANOLQUIN |
| MUESTRA      | 1   | SOLICITADO  | ALEX SUNTAXI       |
|              |   | PROFUNDIDAD | 1.5 m              |

| 1. DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA (ASTM D422 / AASHTO T-27) |                  |                    |            |        |
|--|------------------|--------------------|------------|--------|
| TAMIZ N°   | PESO RETEN. PAR. | PESO RETEN. (Acum) | % RETENIDO | % PASA |
| 3"   | 1025             | 1025               | 2,44%      | 97,56% |
| 2 1/2"   | 0,349            | 1025,349           | 2,44%      | 97,56% |
| 2"   | 0,446            | 1025,795           | 2,44%      | 97,56% |
| 1 1/2"   | 0,868            | 1026,663           | 2,44%      | 97,56% |
| 1"   | 1250             | 2276,663           | 5,42%      | 94,58% |
| 3/4"   | 1080             | 3356,663           | 7,99%      | 92,01% |
| 1/2"   | 1670             | 5026,663           | 11,96%     | 88,04% |
| 3/8"   | 1574             | 6600,663           | 15,70%     | 84,30% |
| No. 4  | 4747             | 11347,663          | 27,00%     | 73,00% |
| PASA No.4  |                  | 30688              |            | 73,00% |
| PESO TOTAL   |                  | 42035,663          |            |        |
| 10   | 41,00            | 41,00              | 35,59%     | 64,41% |
| 40   | 98,32            | 139,32             | 56,20%     | 43,80% |
| 200  | 98,35            | 237,67             | 76,81%     | 23,19% |
| PASA 200   |                  | 110,64             |            | 23,19% |

| CAPSULA N°  | Número de Golpes | PESO CAP. + SUELO HÚMEDO (g) | PESO CAP. + SUELO SECO (g) | PESO CÁPSULA (g) | CONTEN. AGUA (% W) | RESULTADO (% W) |
|---|------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|-----------------|
| 2. HUMEDAD NATURAL / CONTENIDO DE AGUA (ASTM D2216-19 / AASHTO 265) |                  |                              |                            |                  |                    |                 |
| C-100   | -----            | 130,24                       | 108,99                     | 19,09            | 23,64              | 23,74           |
| B25   | -----            | 117,41                       | 98,83                      | 21,03            | 23,87              |                 |
| B13   | -----            | 138,63                       | 115,84                     | 19,69            | 23,70              |                 |
| 3. LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318-17e1 / AASHTO T 89)                   |                  |                              |                            |                  |                    |                 |
| M214  | 35               | 24,09                        | 20,22                      | 9,04             | 34,62              | 35,50           |
| LA49  | 32               | 27,01                        | 22,44                      | 9,33             | 34,86              |                 |
| LA13  | 19               | 26,17                        | 21,82                      | 9,81             | 36,22              |                 |
| 4. LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318-17e1 / AASHTO T-90 T)                |                  |                              |                            |                  |                    |                 |
| L5  | ----             | 13,41                        | 12,13                      | 7,41             | 27,12              | 27,27           |
| LA52  | ----             | 14,28                        | 13,15                      | 9,00             | 27,23              |                 |
| LO9   | ----             | 14,01                        | 13,06                      | 9,60             | 27,46              |                 |

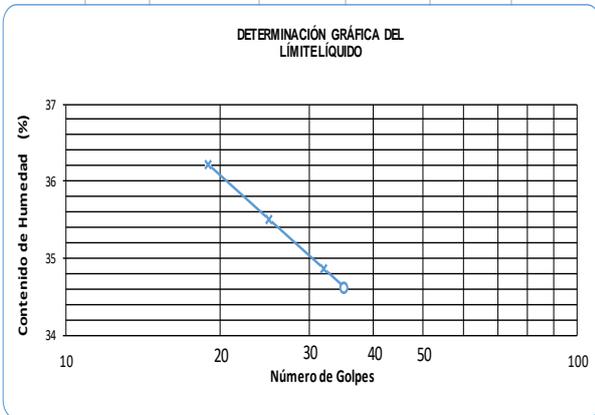
| 5. RESUMEN   |        |
|--------------|--------|
| GRAVA        | 27,00% |
| ARENA        | 49,81% |
| LIMO/ARCILLA | 23,19% |

|      |       |
|------|-------|
| HN = | 23,7% |
| LL = | 35,5% |
| LP = | 27,3% |
| IP = | 8,2%  |

|       |    |
|-------|----|
| SUCS: | SM |
|-------|----|

|         |               |
|---------|---------------|
| AASHTO: | A - 2 - 4 (0) |
|---------|---------------|

|                 |   |
|-----------------|---|
| 6. DESCRIPCIÓN: | ARENA LIMOSA, CON 27 % DE GRAVA, DE BAJA PLASTICIDAD, DE COLOR CAFÉ OSCURO, HÚMEDO. |
|-----------------|---|



**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

A.S.T.M. D 1557-12e1

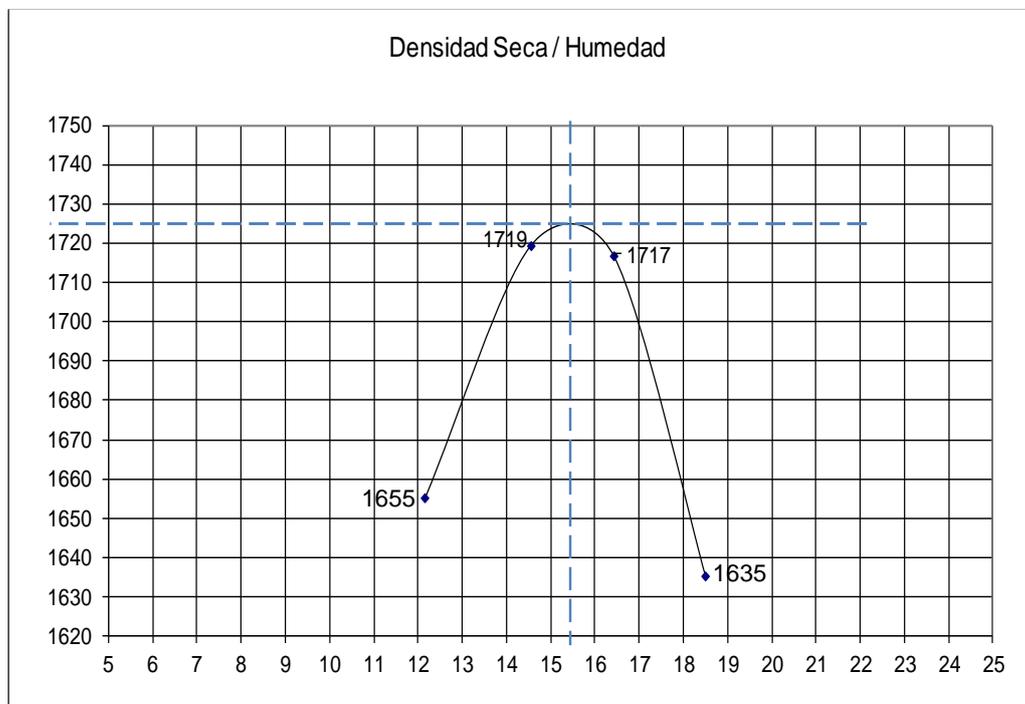
A.A.S.H T.O. T 180 - 20

|              |  |             |                     |
|--------------|--|-------------|---------------------|
| PROYECTO     | ESTUDIO DE AMPLIACIÓN AV. GENERAL ENRÍQUEZ                               | FECHA       | 16-feb-21           |
| UBICACIÓN    | SANGOLQUÍ, AV. GENERAL ENRÍQUEZ (C.C. RIVER MALL-<br>ACADEMIA DE GUERRA) | REALIZADO   | ALEX SUNTAXI        |
| LOCALIZACION | ABS. 0+000   | REVISADO    | SEGUNDO GUANOLIKUIN |
| MUESTRA      | 1  | SOLICITADO  | ALEX SUNTAXI        |
|              |  | PROFUNDIDAD | 1.5 m               |

|                         |      |                       |       |
|-------------------------|------|-----------------------|-------|
| GOLPES POR CAPA :       | 56   | NUMERO DE CAPAS:      | 5     |
| DIAMETRO DE MOLDE (plg) | 6    | ALTURA DE CAÍDA (plg) | 18    |
| NÚMERO DE PUNTOS        | 4    | PESO DE MARTILLO (Lb) | 10    |
| DENSIDAD MAXIMA (kg/m³) | 1725 | ÓPTIMA HUMEDAD (%) :  | 15,40 |

**CONTENIDO DE AGUA**

| PUNTO N°                | 1      |        | 2      |        | 3      |        | 4      |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TARRO N°                | H100   | B13    | D4     | C100   | D70    | G60    | B23    | M10    |
| SUELO HUM. + TARRO (g)  | 153,78 | 226,22 | 149,63 | 137,87 | 147,65 | 175,11 | 173,33 | 174,99 |
| SUELO SECO + TARRO (g)  | 139,34 | 203,99 | 132,88 | 123,03 | 129,96 | 153,14 | 149,35 | 153,13 |
| PESO TARRO (g)          | 21,63  | 19,69  | 19,87  | 19,08  | 21,62  | 20,25  | 21,01  | 33,84  |
| CONTENIDO DE AGUA (g)   | 12,27  | 12,06  | 14,82  | 14,28  | 16,33  | 16,53  | 18,68  | 18,33  |
| CONT. PROMEDIO AGUA (%) | 12,16  |        | 14,55  |        | 16,43  |        | 18,50  |        |
| DENSIDAD                |        |        |        |        |        |        |        |        |
| PUNTO N°                | 1      |        | 2      |        | 3      |        | 4      |        |
| PESO MOLDE + SUELO (g)  | 10345  |        | 10583  |        | 10645  |        | 10506  |        |
| PESO MOLDE (g)          | 6430   |        | 6430   |        | 6430   |        | 6430   |        |
| PESO SUELO (g)          | 3915   |        | 4153   |        | 4215   |        | 4076   |        |
| VOLUMEN (cm³)           | 2109   |        | 2109   |        | 2109   |        | 2103   |        |
| DENSIDAD HUMEDA (g/cm³) | 1,857  |        | 1,969  |        | 1,999  |        | 1,938  |        |
| CONT. PROMEDIO AGUA (%) | 12,16  |        | 14,55  |        | 16,43  |        | 18,50  |        |
| DENSIDAD SECA (kg/cm³)  | 1655   |        | 1719   |        | 1717   |        | 1635   |        |



**ENSAYO C.B.R.(Densidad)  
METODO A.S.T.M. D-1883**

|                     |   |                    |                                       |
|---------------------|---|--------------------|---------------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>     | ESTUDIO DE AMPLIACIÓN AV.GENERAL ENRÍQUEZ                             | <b>FECHA</b>       | 16-feb-21                             |
| <b>UBICACIÓN</b>    | SANGOLQUÍ, AV. GENERAL ENRÍQUEZ (C.C. RIVER MALL- ACADEMIA DE GUERRA) | <b>REALIZADO</b>   | ALEX SUNTAXI                          |
|                     |   | <b>REVISADO</b>    | SEGUNDO GUANOLIKUIN (TÉCNICO GEOSOIL) |
| <b>LOCALIZACION</b> | ABS: 0+000  | <b>SOLICITADO</b>  | ALEX SUNTAXI                          |
| <b>MUESTRA</b>      | 1   | <b>PROFUNDIDAD</b> | 1.5 m                                 |

| <b>DENSIDAD</b>                 |                  |                    |                  |                    |                  |                    |
|---------------------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| <b>Molde N°.</b>                | 5 (DIÁMETRO 6")  |                    | 7 (DIÁMETRO 6")  |                    | 8 (DIÁMETRO 6")  |                    |
| <b>Numero de capas</b>          | 5                |                    | 5                |                    | 5                |                    |
| <b>N° de golpes por capa</b>    | 56               |                    | 25               |                    | 10               |                    |
|                                 | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO |
| <b>Peso muestra+molde (g)</b>   | 11899            | 11944              | 11728            | 11789              | 11357            | 11453              |
| <b>Peso molde (g)</b>           | 7214             | 7214               | 7195             | 7195               | 7193             | 7193               |
| <b>Peso muestra (g)</b>         | 4685             | 4730               | 4533             | 4594               | 4164             | 4260               |
| <b>Volumen muestra (cm³)</b>    | 2363             | 2363               | 2363             | 2363               | 2358             | 2358               |
| <b>Densidad humeda (kg/cm³)</b> | 1983             | 2002               | 1918             | 1944               | 1766             | 1807               |
| <b>Densidad seca (kg/cm³)</b>   | 1721             | 1726               | 1662             | 1652               | 1532             | 1531               |

**CONTENIDO DE AGUA**

| <b>Tarro N°.</b>               | G60   | 13    | D70    | J2     | B23    | T10    |
|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Peso humedo + tarro (g)</b> | 84,04 | 82,14 | 125,54 | 154,40 | 128,52 | 130,43 |
| <b>Peso seco + tarro (g)</b>   | 75,61 | 73,22 | 111,66 | 136,20 | 114,27 | 115,71 |
| <b>Peso tarro (g)</b>          | 20,24 | 17,43 | 21,59  | 33,30  | 21,01  | 33,98  |
| <b>Peso agua (g)</b>           | 8,43  | 8,92  | 13,88  | 18,20  | 14,25  | 14,72  |
| <b>Peso muestra seca (g)</b>   | 55,37 | 55,79 | 90,07  | 102,90 | 93,26  | 81,73  |
| <b>Contenido de humedad %</b>  | 15,22 | 15,99 | 15,41  | 17,69  | 15,28  | 18,01  |
| <b>Promedio humedad %</b>      | 15,22 | 15,99 | 15,41  | 17,69  | 15,28  | 18,01  |
| <b>Agua absorbida %</b>        | 0,76  |       | 2,28   |        | 2,73   |        |

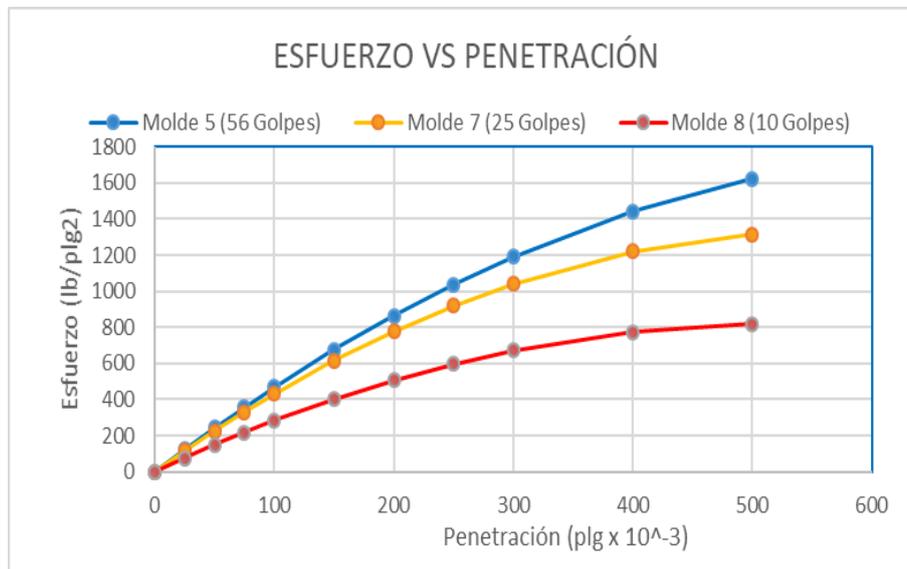
ENSAYO C.B.R. Y DATOS DE ESPONJAMIENTO  
DESIGNACIÓN ASTM: D-1883

|             |   |                  |            |
|-------------|---|------------------|------------|
| PROYECTO    | ESTUDIO DE AMPLIACIÓN A V.GENERAL ENRÍQUEZ                            | ALTURA DEL MOLDE | : 5 plg    |
| UBICACIÓN   | SANGOLQUÍ, AV. GENERAL ENRÍQUEZ (C.C. RIVER MALL- ACADEMIA DE GUERRA) | ÁREA DEL PISTON  | : 3 pulg2  |
| MUESTRA N°. | 1   | FECHA            | : FEB/2021 |

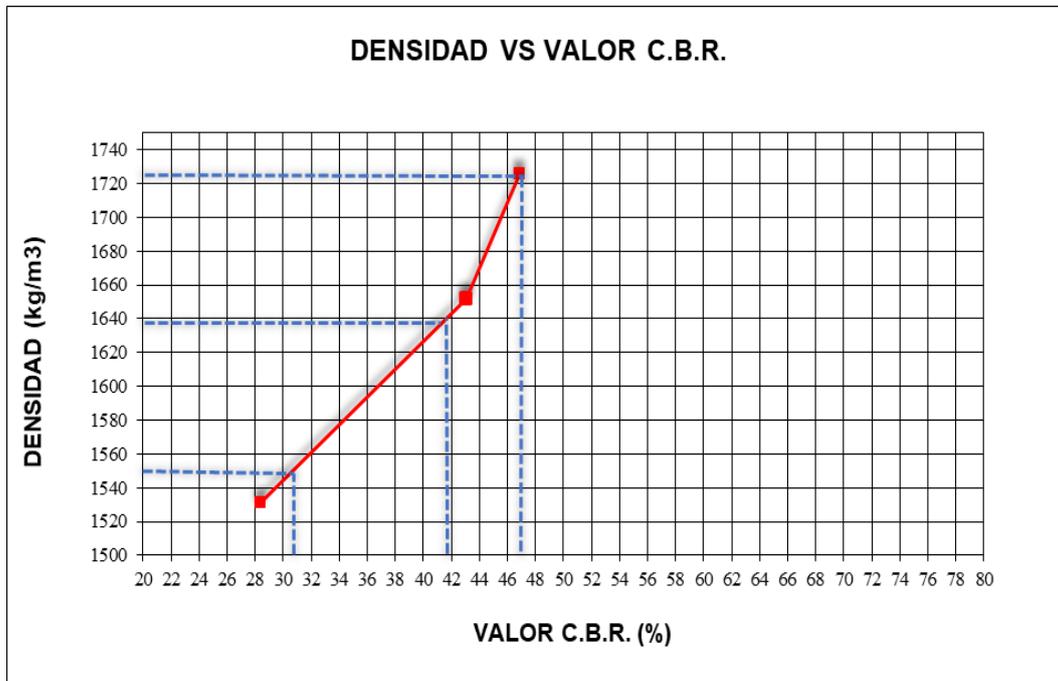
| ESPONJAMIENTO |             |                        |    |                    |       |                        |   |              |    |                        |      |               |   |   |       |      |
|---------------|-------------|------------------------|----|--------------------|-------|------------------------|---|--------------|----|------------------------|------|---------------|---|---|-------|------|
| DIA Y MES     | TIEMPO DIAS | MOLDE N° 5 (56 GOLPES) |    |                    |       | MOLDE N° 7 (25 GOLPES) |   |              |    | MOLDE N° 8 (10 GOLPES) |      |               |   |   |       |      |
|               |             | LECTURA DIAL           |    | ALTIMETRIA MUESTRA |       | ESPONJAMIENTO          |   | LECTURA DIAL |    | ALTIMETRIA MUESTRA     |      | ESPONJAMIENTO |   |   |       |      |
|               |             | pulg.                  | mm | pulg.              | mm    | pulg.                  | % | pulg.        | mm | pulg.                  | mm   | pulg.         | % |   |       |      |
| 08-feb        | 0           | 0                      | 0  | 5                  | 0,000 | 0,00                   | 0 | 0            | 5  | 0,000                  | 0,00 | 0             | 0 | 5 | 0,000 | 0,00 |
| 09-feb        | 1           | 1                      | 1  | 5                  | 0,001 | 0,02                   | 0 | 0            | 5  | 0,000                  | 0,00 | 3             | 3 | 5 | 0,003 | 0,06 |
| 10-feb        | 2           | 1                      | 1  | 5                  | 0,001 | 0,02                   | 0 | 0            | 5  | 0,000                  | 0,00 | 5             | 5 | 5 | 0,005 | 0,10 |
| 11-feb        | 3           | 1                      | 1  | 5                  | 0,001 | 0,02                   | 0 | 0            | 5  | 0,000                  | 0,00 | 8             | 8 | 5 | 0,008 | 0,16 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| ANILLO DE CARGA UTILIZADO | N° 12066   |
| CONSTANTE:                | 3,5114 lbs |

| PENETRACIÓN |                           |                        |         |                      |                      |                      |                  |                        |         |                      |                      |                      |                   |                        |           |                      |                      |                      |                      |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |
|-------------|---------------------------|------------------------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------|------------------------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|------------------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|------------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|--|
| TIEMPO      | PENETRACION               | MOLDE N° 5 (56 GOLPES) |         |                      |                      |                      |                  | MOLDE N° 7 (25 GOLPES) |         |                      |                      |                      |                   | MOLDE N° 8 (10 GOLPES) |           |                      |                      |                      |                      |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |
|             |                           | CARGA                  |         | PRESIÓN              |                      | PRESIÓN CORREGIDA    | PRESIÓN ESTÁNDAR | VALOR CBR              | CARGA   |                      | PRESIÓN              |                      | PRESIÓN CORREGIDA | PRESIÓN ESTÁNDAR       | VALOR CBR | CARGA                |                      | PRESIÓN              |                      | PRESIÓN CORREGIDA | PRESIÓN ESTÁNDAR | VALOR CBR |                      |                      |                      |  |
| min         | pulg (X10 <sup>-3</sup> ) | dial                   | lbs     | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> |                  | dial                   | lbs     | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> |                   | dial                   | lbs       | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> |                   | dial             | lbs       | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> |  |
| 0,00        | 0                         | 0                      | 0,00    | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |                  | 0                      | 0,00    | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |                   | 0                      | 0,00      | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |                   | 0                | 0,00      | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |  |
| 0,30        | 25                        | 103                    | 360,00  | 120,00               | 123,86               |                      |                  | 94                     | 330,00  | 110,00               | 115,55               |                      |                   | 58                     | 204,00    | 68,00                | 76,50                |                      |                      |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |
| 1,00        | 50                        | 214                    | 750,00  | 250,00               | 243,21               |                      |                  | 187                    | 657,00  | 219,00               | 225,85               |                      |                   | 120                    | 420,00    | 140,00               | 149,25               |                      |                      |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |
| 1,30        | 75                        | 308                    | 1080,00 | 360,00               | 358,07               |                      |                  | 282                    | 990,00  | 330,00               | 330,89               |                      |                   | 197                    | 690,00    | 230,00               | 218,25               |                      |                      |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |
| 2,00        | 100                       | 402                    | 1410,00 | 470,00               | 468,42               | 1000                 | 46,8             | 367                    | 1290,00 | 430,00               | 430,69               | 1000                 | 43,1              | 266                    | 933,00    | 311,00               | 283,50               | 1000                 | 28,4                 |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |
| 3,00        | 150                       | 581                    | 2040,00 | 680,00               | 675,63               |                      |                  | 521                    | 1830,00 | 610,00               | 614,54               |                      |                   | 368                    | 1293,00   | 431,00               | 402,75               |                      |                      |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |
| 4,00        | 200                       | 735                    | 2580,00 | 860,00               | 864,84               |                      |                  | 662                    | 2325,00 | 775,00               | 777,38               |                      |                   | 441                    | 1548,00   | 516,00               | 507,00               |                      |                      |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |
| 5,00        | 250                       | 889                    | 3120,00 | 1040,00              | 1036,05              |                      |                  | 786                    | 2760,00 | 920,00               | 919,23               |                      |                   | 501                    | 1758,00   | 586,00               | 596,25               |                      |                      |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |
| 6,00        | 300                       | 1017                   | 3570,00 | 1190,00              | 1189,26              |                      |                  | 889                    | 3120,00 | 1040,00              | 1040,07              |                      |                   | 548                    | 1923,00   | 641,00               | 670,50               |                      |                      |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |
| 8,00        | 400                       | 1239                   | 4350,00 | 1450,00              | 1441,68              |                      |                  | 1034                   | 3630,00 | 1210,00              | 1218,76              |                      |                   | 652                    | 2289,00   | 763,00               | 774,00               |                      |                      |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |
| 10,00       | 500                       | 0                      | 0,00    | 0,00                 | 1622,10              |                      |                  | 1111                   | 3900,00 | 1300,00              | 1313,45              |                      |                   | 717                    | 2517,00   | 839,00               | 817,50               |                      |                      |                   |                  |           |                      |                      |                      |  |



| <b>VALOR CBR<br/>AL 0.1"</b> | <b>DENSIDAD<br/>(kg/m<sup>3</sup>)</b> |
|------------------------------|--|
| 46.84                        | 1726                                   |
| 43.07                        | 1652                                   |
| 28.35                        | 1531                                   |



|  |
|--|
| VALOR C.B.R. SATURADO AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD = <b>47 %</b>  |
| VALOR C.B.R. SATURADO AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD = <b>41.7 %</b> |
| VALOR C.B.R. SATURADO AL 90% DE LA MAXIMA DENSIDAD = <b>31 %</b>   |

## Muestra 2



TOPOGRAFIA - GEOLOGIA - GEOTECNIA - GEOFISICA  
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS

Calle R ó Manuel Rúaes N10-05 y Calle V,  
Cooperativa de Vivienda "Servidores de la Salud"  
Sector Puente peatonales 4 y 5  
De la Autopista General Rumiñahui.  
Quito - Ecuador  
Teléfono: (593) 2 2835 771 Celular: 0997 469969  
www.geosoil.ec info@geosoil.ec

RUC: 1792392306001

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS - S.U.C.S. Y AASHTO

A.S.T.M. D2487-11; A.S.T.M. D3282

A.A.S.H.T.O. T - 176 - T - 89 - T - 90

**PROYECTO** ESTUDIO DE AMPLIACIÓN AV. GENERAL ENRÍQUEZ  
**UBICACIÓN** SANGOLQUÍ, AV. GENERAL ENRÍQUEZ (C.C. RIVER MALL- ACADEMIA DE GUERRA)  
**LOCALIZACIÓN** ABS: 0+500  
**MUESTRA** 2

**FECHA** 16-feb-21  
**REALIZADO** ALEX SUNTAXI  
**REVISADO** SEGUNDO GUANOLIQUIN  
**SOLICITADO** ALEX SUNTAXI  
**PROFUNDIDAD** 1.5 m

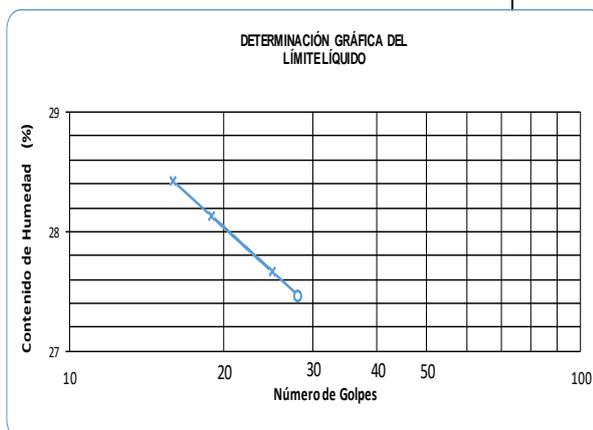
| 1. DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA (ASTM D422 / AASHTO T-27) |                  |                    |            |         |
|--|------------------|--------------------|------------|---------|
| TAMIZ Nº   | PESO RETEN. PAR. | PESO RETEN. (Acum) | % RETENIDO | % PASA  |
| 3"   | 0                | 0                  | 0,00%      | 100,00% |
| 2 1/2"   | 0                | 0                  | 0,00%      | 100,00% |
| 2"   | 0                | 0                  | 0,00%      | 100,00% |
| 1 1/2"   | 0                | 0                  | 0,00%      | 100,00% |
| 1"   | 0                | 0                  | 0,00%      | 100,00% |
| 3/4"   | 50,8             | 50,8               | 0,12%      | 99,88%  |
| 1/2"   | 50,8             | 101,6              | 0,23%      | 99,77%  |
| 3/8"   | 69               | 170,6              | 0,39%      | 99,61%  |
| No. 4  | 411              | 581,6              | 1,33%      | 98,67%  |
| <b>PASA No.4</b>   |                  | 43085,4            |            | 98,67%  |
| <b>PESO TOTAL</b>  |                  | 43667              |            |         |
| 10   | 10,36            | 10,36              | 3,62%      | 96,38%  |
| 40   | 55,18            | 65,54              | 15,81%     | 84,19%  |
| 200  | 164,18           | 229,72             | 52,08%     | 47,92%  |
| <b>PASA 200</b>  |                  | 216,91             |            | 47,92%  |

| CAPSULA Nº  | Número de Golpes | PESO CAP. + SUELO HÚMEDO (g) | PESO CAP. + SUELO SECO (g) | PESO CÁPSULA (g) | CONTEN. AGUA (% W) | RESULTADO (% W) |
|---|------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|-----------------|
| 2. HUMEDAD NATURAL / CONTENIDO DE AGUA (ASTM D2216-19 / AASHTO 265) |                  |                              |                            |                  |                    |                 |
| E2  | -----            | 183,35                       | 155,10                     | 33,50            | 23,23%             | 23,30%          |
| E8  | -----            | 207,15                       | 174,35                     | 33,97            | 23,37%             |                 |
| 3. LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318-17e1 / AASHTO T 89)                   |                  |                              |                            |                  |                    |                 |
| 28  | 28               | 29,75                        | 25,31                      | 9,15             | 27,48              | 27,66           |
| 19  | 19               | 29,13                        | 24,74                      | 9,12             | 28,10              |                 |
| 16  | 16               | 21,33                        | 17,61                      | 4,53             | 28,44              |                 |
| 4. LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318-17e1 / AASHTO T-90 T)                |                  |                              |                            |                  |                    |                 |
| D4  | ----             | 8                            | 8                          | 4                | 23                 | 23,06           |
| 2000  | ----             | 13                           | 12                         | 9                | 23                 |                 |

| 5. RESUMEN   |        |
|--------------|--------|
| GRAVA        | 1,33%  |
| ARENA        | 50,75% |
| LIMO/ARCILLA | 47,92% |
| SUCS:        | SM     |

|         |           |
|---------|-----------|
| HN =    | 23,30%    |
| LL =    | 27,66%    |
| LP =    | 23,06%    |
| IP =    | 4,6%      |
| AASHTO: | A - 4 (3) |

**6. DESCRIPCIÓN:** ARENA LIMOSA, CON 1,33% DE GRAVA, COLOR CAFÉ OSCURO, DE LIGERA PLASTICIDAD, MUY HÚMEDO.



**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

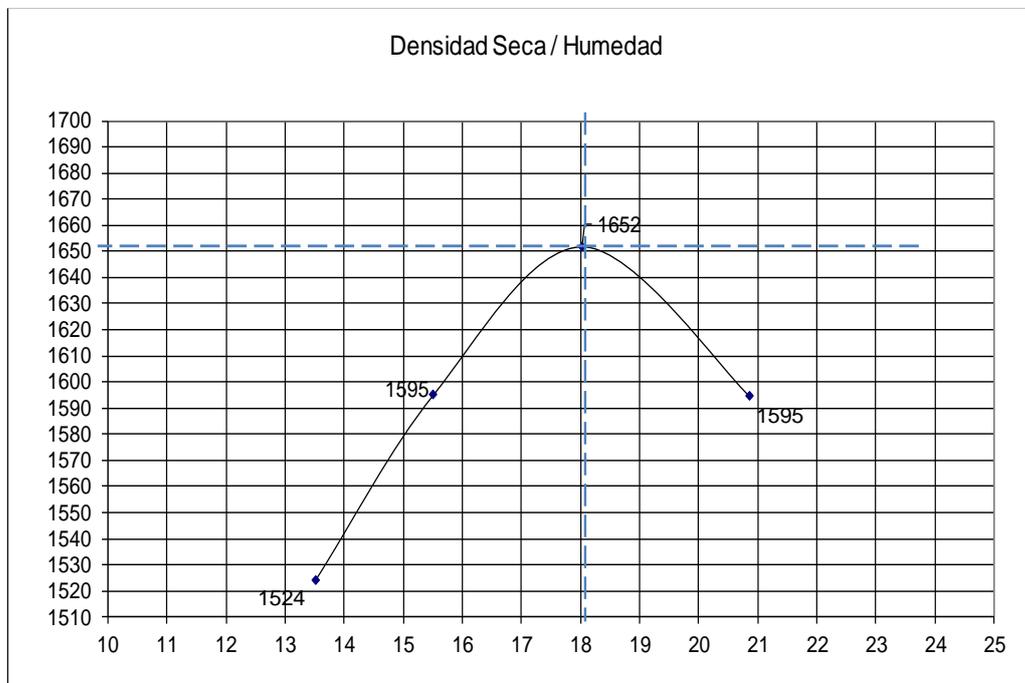
A.S.T.M. D 1557-12e1

A.A.S.H T.O. T 180 - 20

|              |  |             |                     |
|--------------|--|-------------|---------------------|
| PROYECTO     | ESTUDIO DE AMPLIACIÓN AV.GENERAL ENRÍQUEZ                                | FECHA       | 16-feb-21           |
| UBICACIÓN    | SANGOLQUÍ, AV. GENERAL ENRIQUEZ (C.C. RIVER MALL-<br>ACADEMIA DE GUERRA) | REALIZADO   | ALEX SUNTAXI        |
| LOCALIZACION | ABS: 0+500   | REVISADO    | SEGUNDO GUANOLIQWIN |
| MUESTRA      | 2  | SOLICITADO  | ALEX SUNTAXI        |
|              |  | PROFUNDIDAD | 1 .5 m              |

|                          |      |                        |       |
|--------------------------|------|------------------------|-------|
| GOLPES POR CAPA :        | 56   | NUMERO DE CAPAS:       | 5     |
| DIAMETRO DE MOLDE (plg): | 6    | ALTURA DE CAÍDA (plg): | 18    |
| NÚMERO DE PUNTOS:        | 4    | PESO DE MARTILLO (Lb): | 10    |
| DENSIDAD MAXIMA (kg/m³): | 1652 | ÓPTIMA HUMEDAD (%):    | 18,10 |

| CONTENIDO DE AGUA       |              |        |              |        |              |        |              |        |
|-------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
| PUNTO N°                | 1            |        | 2            |        | 3            |        | 4            |        |
| TARRO N°                | B9           | B3     | D4           | B25    | E8           | J5     | J8           | J9     |
| SUELO HUM. + TARRO (g)  | 191,14       | 193,39 | 110,92       | 151,81 | 188,95       | 177,02 | 152,70       | 153,18 |
| SUELO SECO + TARRO (g)  | 170,92       | 172,81 | 98,87        | 134,00 | 165,38       | 155,22 | 132,20       | 132,38 |
| PESO TARRO (g)          | 20,65        | 21,26  | 19,88        | 21,02  | 35,30        | 33,81  | 33,93        | 32,69  |
| CONTENIDO DE AGUA (g)   | 13,46        | 13,58  | 15,26        | 15,76  | 18,12        | 17,96  | 20,86        | 20,86  |
| CONT. PROMEDIO AGUA (%) | <b>13,52</b> |        | <b>15,51</b> |        | <b>18,04</b> |        | <b>20,86</b> |        |
| DENSIDAD                |              |        |              |        |              |        |              |        |
| PUNTO N°                | 1            |        | 2            |        | 3            |        | 4            |        |
| PESO MOLDE + SUELO (g)  | 10078        |        | 10314        |        | 10540        |        | 6004         |        |
| PESO MOLDE (g)          | 6429         |        | 6429         |        | 6429         |        | 4202         |        |
| PESO SUELO (g)          | 3649         |        | 3885         |        | 4111         |        | 1802         |        |
| VOLUMEN (cm³)           | 2109         |        | 2109         |        | 2109         |        | 935          |        |
| DENSIDAD HUMEDA (g/cm³) | 1,730        |        | 1,842        |        | 1,950        |        | 1,927        |        |
| CONT. PROMEDIO AGUA (%) | 13,52        |        | 15,51        |        | 18,04        |        | 20,86        |        |
| DENSIDAD SECA (kg/cm³)  | <b>1524</b>  |        | <b>1595</b>  |        | <b>1652</b>  |        | <b>1595</b>  |        |



**ENSAYO C.B.R. (densidad)**  
METODO A.S.T.M. D-1883

|                     |   |                   |                                       |
|---------------------|---|-------------------|---------------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>     | ESTUDIO DE AMPLIACIÓN AV.GENERAL ENRÍQUEZ                             | <b>FECHA</b>      | 16-feb-21                             |
| <b>UBICACIÓN</b>    | SANGOLQUÍ, AV. GENERAL ENRÍQUEZ (C.C. RIVER MALL- ACADEMIA DE GUERRA) | <b>REALIZADO</b>  | ALEX SUNTAXI                          |
|                     |   | <b>REVISADO</b>   | SEGUNDO GUANOLIQUIN (TÉCNICO GEOSOIL) |
| <b>LOCALIZACION</b> | ABS: 0+500  | <b>SOLICITADO</b> | ALEX SUNTAXI                          |
| <b>MUESTRA</b>      | 2   | <b>PROFUNDIDA</b> | 1.5 m                                 |

| DENSIDAD                              |                  |                    |                  |                    |                  |                    |
|---------------------------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Molde N°.                             | 4 (DIÁMETRO 6")  |                    | 9 (DIÁMETRO 6")  |                    | 6 (DIÁMETRO 6")  |                    |
| Numero de capas                       | 5                |                    | 5                |                    | 5                |                    |
| N° de golpes por capa                 | 56               |                    | 25               |                    | 10               |                    |
|                                       | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO |
| Peso muestra+molde (g)                | 11762            | 11949              | 11519            | 11810              | 11191            | 11660              |
| Peso molde (g)                        | 7174             | 7174               | 7240             | 7240               | 7230             | 7230               |
| Peso muestra (g)                      | 4588             | 4775               | 4279             | 4570               | 3961             | 4430               |
| Volumen muestra (cm <sup>3</sup> )    | 2350             | 2350               | 2358             | 2358               | 2358             | 2358               |
| Densidad humeda (kg/cm <sup>3</sup> ) | 1952             | 2032               | 1815             | 1938               | 1680             | 1879               |
| Densidad seca (kg/cm <sup>3</sup> )   | <b>1650</b>      | <b>1654</b>        | <b>1534</b>      | <b>1528</b>        | <b>1419</b>      | <b>1424</b>        |

| CONTENIDO DE AGUA       |              |              |              |              |              |              |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tarro N°.               | J8           | J5           | E2           | J3           | J11          | X4           |
| Peso humedo + tarro (g) | 179,44       | 168,15       | 170,20       | 165,51       | 204,29       | 202,53       |
| Peso seco + tarro (g)   | 156,94       | 143,17       | 149,26       | 137,74       | 177,81       | 167,91       |
| Peso tarro (g)          | 33,93        | 33,83        | 34,74        | 34,33        | 34,02        | 59,50        |
| Peso agua (g)           | 22,50        | 24,98        | 20,94        | 27,77        | 26,48        | 34,62        |
| Peso muestra seca (g)   | 123,01       | 109,34       | 114,52       | 103,41       | 143,79       | 108,41       |
| Contenido de humedad %  | 18,29        | 22,85        | 18,29        | 26,85        | 18,42        | 31,93        |
| Promedio humedad %      | <b>18,29</b> | <b>22,85</b> | <b>18,29</b> | <b>26,85</b> | <b>18,42</b> | <b>31,93</b> |
| Agua absorbida %        | <b>4,55</b>  |              | <b>8,57</b>  |              | <b>13,52</b> |              |

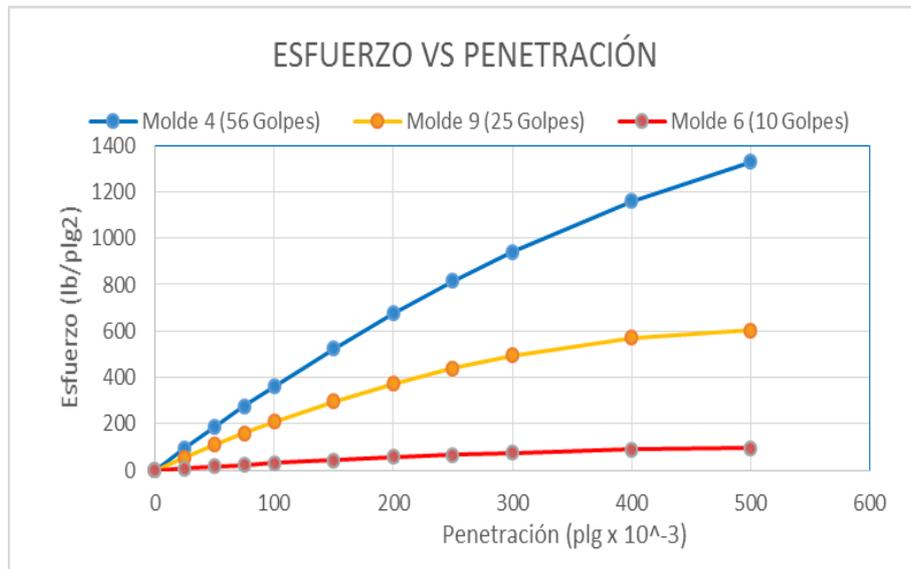
**ENSAYO C.B.R. Y DATOS ESPONJAMIENTO**  
DESIGNACIÓN ASTM: D-1883

|             |   |                  |                       |
|-------------|---|------------------|-----------------------|
| PROYECTO    | ESTUDIO DE AMPLIACIÓN AV.GENERAL ENRÍQUEZ                             | ALTURA DEL MOLDE | : 5 plg               |
| UBICACIÓN   | SANGOLQUÍ, AV. GENERAL ENRÍQUEZ (C.C. RIVER MALL- ACADEMIA DE GUERRA) | ÁREA DEL PISTON  | : 3 pulg <sup>2</sup> |
| MUESTRA N°. | 2   | FECHA            | : FEB/2021            |

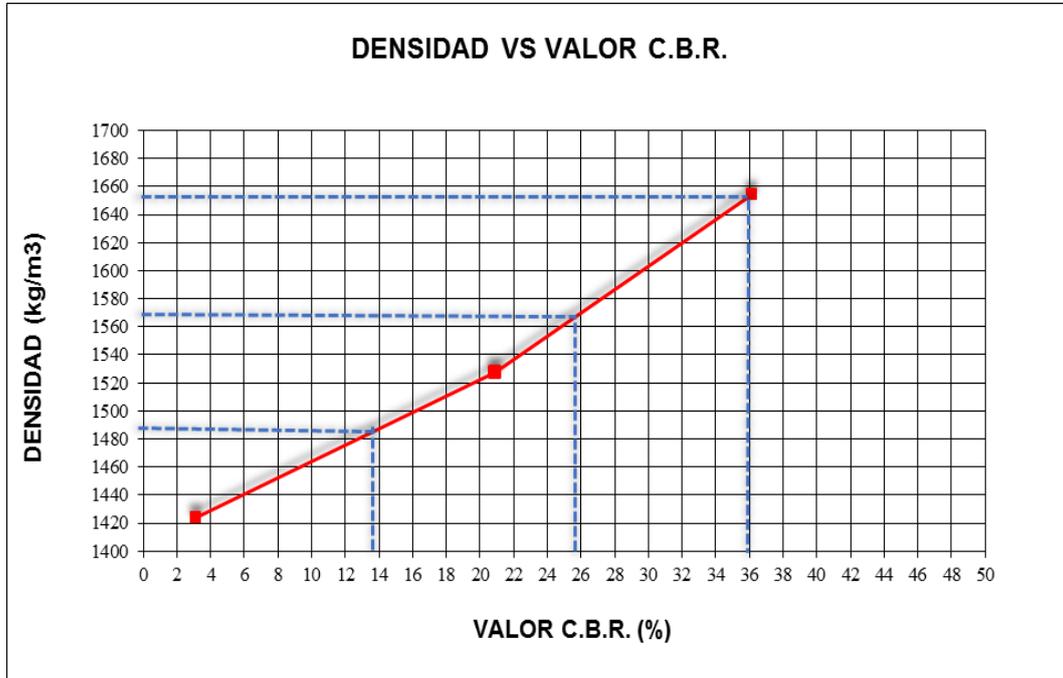
| DIA Y MES | TIEMPO DIAS | ESPONJAMIENTO          |                |               |       |                        |                |               |       |                        |                |               |      |
|-----------|-------------|------------------------|----------------|---------------|-------|------------------------|----------------|---------------|-------|------------------------|----------------|---------------|------|
|           |             | MOLDE N° 4 (56 GOLPES) |                |               |       | MOLDE N° 9 (25 GOLPES) |                |               |       | MOLDE N° 6 (10 GOLPES) |                |               |      |
|           |             | LECTURA DIAL           | ALTURA MUESTRA | ESPONJAMIENTO |       | LECTURA DIAL           | ALTURA MUESTRA | ESPONJAMIENTO |       | LECTURA DIAL           | ALTURA MUESTRA | ESPONJAMIENTO |      |
| pulg.     | pulg.       | pulg.                  | %              | pulg.         | pulg. | pulg.                  | %              | pulg.         | pulg. | pulg.                  | %              |               |      |
| 09-feb    | 0           | 0                      | 5              | 0,000         | 0,00  | 0                      | 5              | 0,000         | 0,00  | 0                      | 5              | 0,000         | 0,00 |
| 10-feb    | 1           | 21                     | 5              | 0,021         | 0,42  | 30                     | 5              | 0,030         | 0,60  | 31                     | 5              | 0,031         | 0,62 |
| 11-feb    | 2           | 25                     | 5              | 0,025         | 0,50  | 32                     | 5              | 0,032         | 0,64  | 31                     | 5              | 0,031         | 0,62 |
| 12-feb    | 3           | 27                     | 5              | 0,027         | 0,54  | 32                     | 5              | 0,032         | 0,64  | 34                     | 5              | 0,034         | 0,68 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| ANILLO DE CARGA UTILIZADO | N° 12066   |
| CONSTANTE:                | 3,5114 lbs |

| TIEMPO | PENETRACIÓN  | PENETRACIÓN            |         |                      |                      |                      |           |                        |         |                      |                      |                      |           |                        |        |                      |                      |                      |           |
|--------|--------------|------------------------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|------------------------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|------------------------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|
|        |              | MOLDE N° 4 (56 GOLPES) |         |                      |                      |                      |           | MOLDE N° 9 (25 GOLPES) |         |                      |                      |                      |           | MOLDE N° 6 (10 GOLPES) |        |                      |                      |                      |           |
|        |              | CARGA                  |         | PRESIÓN              | PRESIÓN CORREGIDA    | PRESIÓN ESTÁNDAR     | VALOR CBR | CARGA                  |         | PRESIÓN              | PRESIÓN CORREGIDA    | PRESIÓN ESTÁNDAR     | VALOR CBR | CARGA                  |        | PRESIÓN              | PRESIÓN CORREGIDA    | PRESIÓN ESTÁNDAR     | VALOR CBR |
| min    | pulg (X10-3) | dial                   | lbs     | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> |           | dial                   | lbs     | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> |           | dial                   | lbs    | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> |           |
| 0,00   | 0            | 0                      | 0,00    | 0,00                 | 0,00                 |                      |           | 0                      | 0,00    | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |           | 0                      | 0,00   | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |           |
| 0,30   | 25           | 77                     | 270,00  | 90,00                | 94,95                |                      |           | 43                     | 150,00  | 50,00                | 56,29                |                      |           | 7                      | 24,00  | 8,00                 | 8,42                 |                      |           |
| 1,00   | 50           | 141                    | 495,00  | 165,00               | 186,89               |                      |           | 103                    | 360,00  | 120,00               | 109,82               |                      |           | 14                     | 48,00  | 16,00                | 16,47                |                      |           |
| 1,30   | 75           | 235                    | 825,00  | 275,00               | 275,84               |                      |           | 154                    | 540,00  | 180,00               | 160,61               |                      |           | 21                     | 75,00  | 25,00                | 24,14                |                      |           |
| 2,00   | 100          | 316                    | 1110,00 | 370,00               | 361,78               | 1000                 | 36,2      | 188                    | 660,00  | 220,00               | 208,64               | 1000                 | 20,9      | 29                     | 102,00 | 34,00                | 31,44                | 1000                 | 3,1       |
| 3,00   | 150          | 457                    | 1605,00 | 535,00               | 524,67               |                      |           | 256                    | 900,00  | 300,00               | 296,46               |                      |           | 41                     | 144,00 | 48,00                | 44,91                |                      |           |
| 4,00   | 200          | 581                    | 2040,00 | 680,00               | 675,56               |                      |           | 316                    | 1110,00 | 370,00               | 373,28               |                      |           | 50                     | 174,00 | 58,00                | 56,88                |                      |           |
| 5,00   | 250          | 692                    | 2430,00 | 810,00               | 814,45               |                      |           | 372                    | 1305,00 | 435,00               | 439,10               |                      |           | 56                     | 198,00 | 66,00                | 67,35                |                      |           |
| 6,00   | 300          | 795                    | 2790,00 | 930,00               | 941,34               |                      |           | 410                    | 1440,00 | 480,00               | 493,92               |                      |           | 62                     | 216,00 | 72,00                | 76,32                |                      |           |
| 8,00   | 400          | 991                    | 3480,00 | 1160,00              | 1159,12              |                      |           | 483                    | 1695,00 | 565,00               | 570,56               |                      |           | 74                     | 261,00 | 87,00                | 89,76                |                      |           |
| 10,00  | 500          | 0                      | 0,00    | 0,00                 | 1328,90              |                      |           | 521                    | 1830,00 | 610,00               | 603,20               |                      |           | 84                     | 294,00 | 98,00                | 97,20                |                      |           |



| VALOR CBR<br>AL 0.1" | DENSIDAD<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------------|----------------------------------|
| 36,18                | 1654                             |
| 20,86                | 1528                             |
| 3,14                 | 1424                             |



|  |
|--|
| VALOR C.B.R. SATURADO AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD = 35.9 % |
| VALOR C.B.R. SATURADO AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD = 25.7 %  |
| VALOR C.B.R. SATURADO AL 90% DE LA MAXIMA DENSIDAD = 13.7 %  |

### MUESTRA 3



TOPOGRAFIA - GEOLOGIA - GEOTECNIA - GEOFISICA  
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS

Calle R Ó Manuel Ruales N10-05 y Calle V,  
Cooperativa de Vivienda "Servidores de la Salud"  
Sector Puente peatonales 4 y 5  
De la Autopista General Rumiñahui.  
Quito - Ecuador  
Teléfono: (593) 2 2835 771 Celular: 0997 469969  
www.geosoil.ec info@geosoil.ec

RUC: 1792392306001

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS - S.U.C.S. Y AASHTO

A.S.T.M. D2487-11; A.S.T.M. D3282

A.A.S.H.T.O. T-176 - T-89 - T-90

PROYECTO ESTUDIO DE AMPLIACIÓN A V. GENERAL ENRÍQUEZ  
UBICACIÓN SANGOLQUÍ, AV. GENERAL ENRÍQUEZ (C.C. RIVER MALL- ACADEMIA DE GUERRA)  
LOCALIZACION ABS: 1+000  
MUESTRA 3

FECHA 16-feb-21  
REALIZADO ALEX SUNTAXI  
REVISADO SEGUNDO GUANOLQUIN  
SOLICITADO ALEX SUNTAXI  
PROFUNDIDAD 1.5 m

| 1. DISTRIBUCION GRANULOMETRICA (ASTMD-422 / AASHTO T-27) |                  |                    |            |        |
|--|------------------|--------------------|------------|--------|
| TAMIZ Nº   | PESO RETEN. PAR. | PESO RETEN. (Acum) | % RETENIDO | % PASA |
| 3"   | 0                | 0                  | 0          | 1      |
| 2 1/2"   | 0                | 0                  | 0          | 1      |
| 2"   | 0                | 0                  | 0          | 1      |
| 1 1/2"   | 0                | 0                  | 0          | 1      |
| 1"   | 0                | 0                  | 0          | 1      |
| 3/4"   | 0                | 0                  | 0          | 1      |
| 1/2"   | 0                | 0                  | 0          | 1      |
| 3/8"   | 65,02            | 65,02              | 0,15%      | 99,85% |
| No. 4  | 978              | 1043,02            | 2,41%      | 97,59% |
| PASA No.4  |                  | 42291,98           |            | 97,59% |
| PESO TOTAL   |                  | 43335              |            |        |
| 10   | 28,01            | 28,01              | 9,14%      | 90,86% |
| 40   | 40,81            | 68,82              | 18,95%     | 81,05% |
| 200  | 114,72           | 183,54             | 46,53%     | 53,47% |
| PASA 200   |                  | 222,43             |            | 53,47% |

| 5. RESUMEN   |        |
|--------------|--------|
| GRAVA        | 2,41%  |
| ARENA        | 44,12% |
| LIMO/ARCILLA | 53,47% |

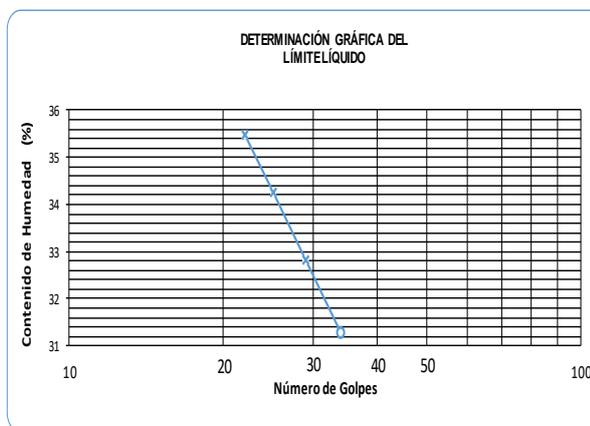
|      |        |
|------|--------|
| HN = | 23,57% |
| LL = | 34,24% |
| LP = | 24,76% |
| IP = | 9,48%  |

|       |    |
|-------|----|
| SUCS: | ML |
|-------|----|

|         |         |
|---------|---------|
| AASHTO: | A-4 (4) |
|---------|---------|

6. DESCRIPCION: LIMO ARENOSO, CON 2,41 % DE GRAVA, DE BAJA PLASTICIDAD, DE COLOR CAFÉ OSCURO, HÚMEDO.

| CAPSULA Nº  | Número de Golpes | PESO CAP. + SUELO HÚMEDO (g) | PESO CAP. + SUELO SECO (g) | PESO CÁPSULA (g) | CONTEN. AGUA (% W) | RESULTADO (% W) |
|---|------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|-----------------|
| 2. HUMEDAD NATURAL / CONTENIDO DE AGUA (ASTMD 2216-19 / AASHTO 265) |                  |                              |                            |                  |                    |                 |
| E1  | -----            | 210,49                       | 176,85                     | 34,48            | 23,63%             | 23,57%          |
| J5  | -----            | 199,63                       | 168,07                     | 33,82            | 23,51%             |                 |
| 3. LÍMITE LÍQUIDO (ASTMD 4318-17e1 / AASHTO T 89)                   |                  |                              |                            |                  |                    |                 |
| N311  | 34               | 28,60                        | 23,95                      | 9,05             | 31,21              | 34,24           |
| L200  | 29               | 26,44                        | 21,59                      | 6,86             | 32,93              |                 |
| LA2   | 22               | 30,71                        | 25,26                      | 9,88             | 35,44              |                 |
| 4. LÍMITE PLÁSTICO (ASTMD 4318-17e1 / AASHTO T-90 T)                |                  |                              |                            |                  |                    |                 |
| L215  | ----             | 15,54                        | 13,85                      | 6,98             | 24,60              | 24,76           |
| 5   | ----             | 17,32                        | 15,68                      | 9,10             | 24,92              |                 |



**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

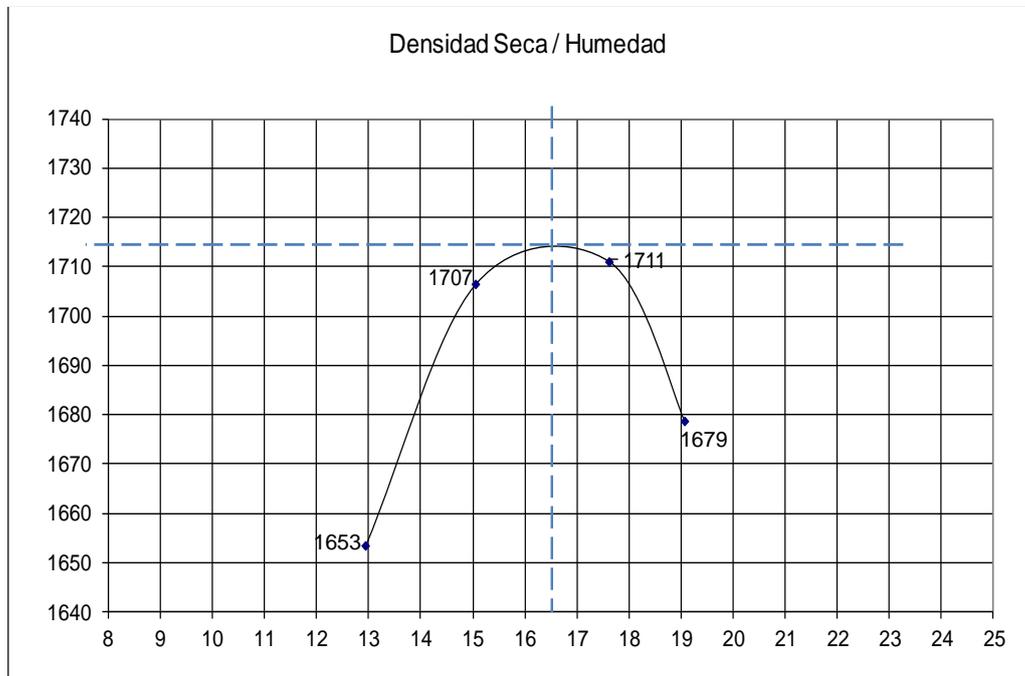
A.S.T.M. D 1557-12e1

A.A.S.H T.O. T 180 - 20

|                     |   |                    |                     |
|---------------------|---|--------------------|---------------------|
| <b>PROYECTO</b>     | ESTUDIO DE AMPLIACIÓN AV.GENERAL ENRÍQUEZ         | <b>FECHA</b>       | 16-feb-21           |
| <b>UBICACIÓN</b>    | SANGOLQUI, AV. GENERAL ENRIQUEZ (C.C. RIVER MALL- | <b>REALIZADO</b>   | ALEX SUNTAXI        |
| <b>LOCALIZACION</b> | ACADEMIA DE GUERRA)                               | <b>REVISADO</b>    | SEGUNDO GUANOLIQUIN |
| <b>MUESTRA</b>      | ABS: 1+000  | <b>SOLICITADO</b>  | ALEX SUNTAXI        |
|                     | 3   | <b>PROFUNDIDAD</b> | 1.5 m               |

|                                |      |                             |       |
|--------------------------------|------|-----------------------------|-------|
| GOLPES POR CAPA :              | 25   | NUMERO DE CAPAS:            | 5     |
| DIAMETRO DE MOLDE (plg)        | 4    | ALTURA DE CAÍDA (plg)       | 18    |
| NÚMERO DE PUNTOS               | 4    | PESO DE MARTILLO (Lb)       | 10    |
| <b>DENSIDAD MAXIMA (kg/m³)</b> | 1715 | <b>OPTIMA HUMEDAD (%) :</b> | 16,50 |

| CONTENIDO DE AGUA       |              |        |              |        |              |        |              |        |
|-------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
| PUNTO N°                | 1            |        | 2            |        | 3            |        | 4            |        |
| TARRON N°               | E7           | J7     | E1           | E2     | H0           | H14    | J100         | J11    |
| SUELO HUM. + TARRO (g)  | 131,40       | 172,43 | 187,96       | 177,53 | 148,77       | 153,45 | 150,25       | 165,54 |
| SUELO SECO + TARRO (g)  | 119,87       | 157,00 | 167,73       | 158,96 | 132,79       | 137,08 | 131,57       | 144,67 |
| PESO TARRO (g)          | 33,85        | 33,46  | 34,48        | 34,74  | 43,46        | 42,91  | 34,80        | 34,03  |
| CONTENIDO DE AGUA (g)   | 13,40        | 12,49  | 15,18        | 14,95  | 17,89        | 17,38  | 19,30        | 18,86  |
| CONT. PROMEDIO AGUA (%) | <b>12,95</b> |        | <b>15,07</b> |        | <b>17,64</b> |        | <b>19,08</b> |        |
| DENSIDAD                |              |        |              |        |              |        |              |        |
| PUNTO N°                | 1            |        | 2            |        | 3            |        | 4            |        |
| PESO MOLDE + SUELO (g)  | 5948         |        | 6038         |        | 6084         |        | 6071         |        |
| PESO MOLDE (g)          | 4202         |        | 4202         |        | 4202         |        | 4202         |        |
| PESO SUELO (g)          | 1746         |        | 1836         |        | 1882         |        | 1869         |        |
| VOLUMEN (cm³)           | 935          |        | 935          |        | 935          |        | 935          |        |
| DENSIDAD HUMEDA (g/cm³) | 1,867        |        | 1,964        |        | 2,013        |        | 1,999        |        |
| CONT. PROMEDIO AGUA (%) | 12,95        |        | 15,07        |        | 17,64        |        | 19,08        |        |
| DENSIDAD SECA (kg/cm³)  | <b>1653</b>  |        | <b>1707</b>  |        | <b>1711</b>  |        | <b>1679</b>  |        |



**ENSAYO C.B.R.(Densidad)**  
**METODO A.S.T.M. D-1883**

|                     |   |                    |                                      |
|---------------------|---|--------------------|--------------------------------------|
| <b>PROYECTO</b>     | ESTUDIO DE AMPLIACIÓN AV.GENERAL ENRÍQUEZ                             | <b>FECHA</b>       | 16-feb-21                            |
| <b>UBICACIÓN</b>    | SANGOLQUÍ, AV. GENERAL ENRÍQUEZ (C.C. RIVER MALL- ACADEMIA DE GUERRA) | <b>REALIZADO</b>   | ALEX SUNTAXI                         |
|                     |   | <b>REVISADO</b>    | SEGUNDO GUANOLIKUIN (TÉCNICO GEOSOL) |
| <b>LOCALIZACION</b> | ABS: 1+000  | <b>SOLICITADO</b>  | ALEX SUNTAXI                         |
| <b>MUESTRA</b>      | 3   | <b>PROFUNDIDAD</b> | 1.5 m                                |

| <b>DENSIDAD</b>          |                  |                    |                  |                    |                  |                    |
|--------------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Molde N°.                | 1 (DIÁMETRO 6")  |                    | 2 (DIÁMETRO 6")  |                    | 3 (DIÁMETRO 6")  |                    |
| Numero de capas          | 5                |                    | 5                |                    | 5                |                    |
| N° de golpes por capa    | 56               |                    | 25               |                    | 10               |                    |
|                          | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO | ANTES DEL REMOJO | DESPUES DEL REMOJO |
| Peso muestra+molde (g)   | 11983            | 12145              | 11559            | 11788              | 11291            | 11608              |
| Peso molde (g)           | 7272             | 7272               | 7117             | 7117               | 7183             | 7183               |
| Peso muestra (g)         | 4711             | 4873               | 4442             | 4671               | 4108             | 4425               |
| Volumen muestra (cm³)    | 2358             | 2358               | 2354             | 2354               | 2341             | 2341               |
| Densidad humeda (kg/cm³) | 1998             | 2067               | 1887             | 1984               | 1755             | 1890               |
| Densidad seca (kg/cm³)   | <b>1717</b>      | <b>1721</b>        | <b>1613</b>      | <b>1608</b>        | <b>1512</b>      | <b>1500</b>        |

| <b>CONTENIDO DE AGUA</b> |              |              |              |              |              |              |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tarro N°.                | B25          | B3           | G60          | H100         | B23          | J8           |
| Peso humedo + tarro (g)  | 171,73       | 170,48       | 157,55       | 147,27       | 224,67       | 147,12       |
| Peso seco + tarro (g)    | 150,49       | 145,51       | 137,63       | 123,46       | 196,50       | 123,78       |
| Peso tarro (g)           | 21,03        | 21,26        | 20,24        | 21,65        | 21,01        | 33,92        |
| Peso agua (g)            | 21,24        | 24,97        | 19,92        | 23,81        | 28,17        | 23,34        |
| Peso muestra seca (g)    | 129,46       | 124,25       | 117,39       | 101,81       | 175,49       | 89,86        |
| Contenido de humedad %   | 16,41        | 20,10        | 16,97        | 23,39        | 16,05        | 25,97        |
| Promedio humedad %       | <b>16,41</b> | <b>20,10</b> | <b>16,97</b> | <b>23,39</b> | <b>16,05</b> | <b>25,97</b> |
| Agua absorbida %         | <b>3,69</b>  |              | <b>6,42</b>  |              | <b>9,92</b>  |              |

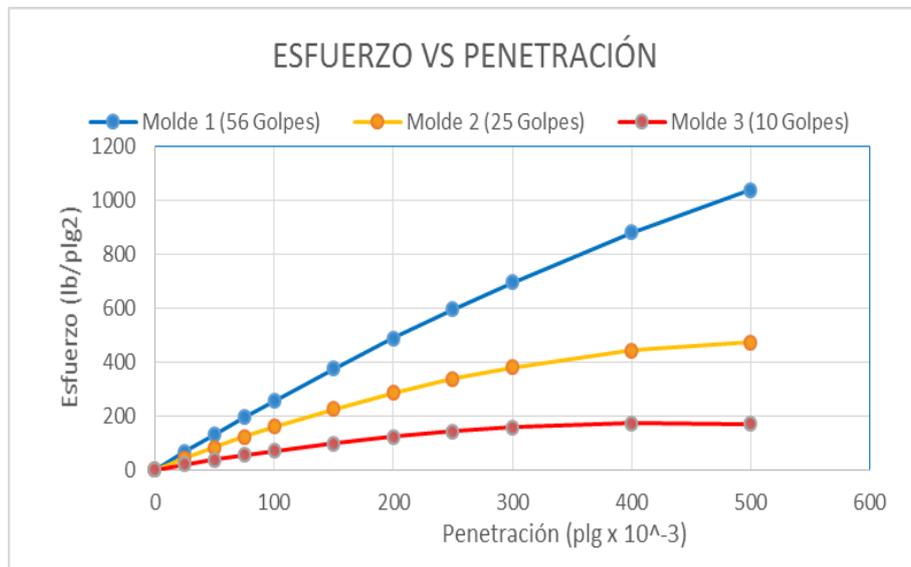
**ENSAYO C.B.R. Y DATOS ESPONJAMIENTO**  
DESIGNACIÓN ASTM: D-1883

|             |   |                  |                       |
|-------------|---|------------------|-----------------------|
| PROYECTO    | ESTUDIO DE AMPLIACIÓN AV GENERAL ENRÍQUEZ                             | ALTURA DEL MOLDE | : 5 plg               |
| UBICACIÓN   | SANGOLQUÍ, AV. GENERAL ENRÍQUEZ (C.C. RIVER MALL- ACADEMIA DE GUERRA) | ÁREA DEL PISTÓN  | : 3 pulg <sup>2</sup> |
| MUESTRA N°. | 3   | FECHA            | : FEB/2021            |

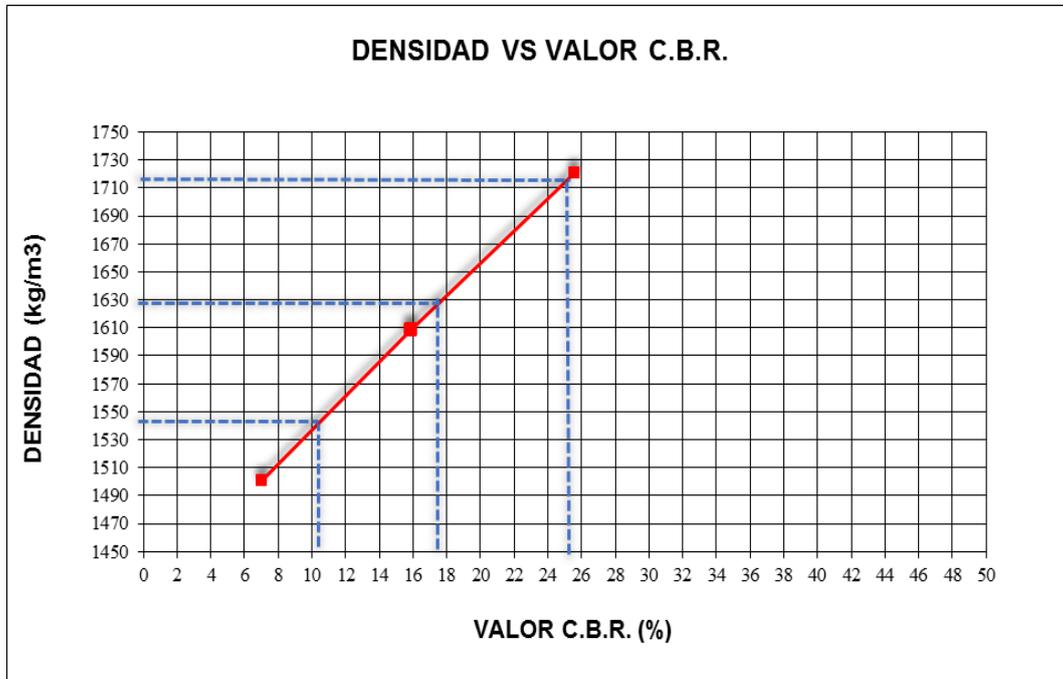
| DIA Y MES | TIEMPO DIAS | ESPONJAMIENTO          |                |               |       |                        |                |               |       |                        |                |               |      |
|-----------|-------------|------------------------|----------------|---------------|-------|------------------------|----------------|---------------|-------|------------------------|----------------|---------------|------|
|           |             | MOLDE N° 1 (56 GOLPES) |                |               |       | MOLDE N° 2 (25 GOLPES) |                |               |       | MOLDE N° 3 (10 GOLPES) |                |               |      |
|           |             | LECTURA DIAL           | ALTURA MUESTRA | ESPONJAMIENTO |       | LECTURA DIAL           | ALTURA MUESTRA | ESPONJAMIENTO |       | LECTURA DIAL           | ALTURA MUESTRA | ESPONJAMIENTO |      |
| pulg.     | pulg.       | pulg.                  | %              | pulg.         | pulg. | pulg.                  | %              | pulg.         | pulg. | pulg.                  | %              |               |      |
| 09-feb    | 0           | 0                      | 5              | 0,000         | 0,00  | 0                      | 5              | 0,000         | 0,00  | 0                      | 5              | 0,000         | 0,00 |
| 10-feb    | 1           | 7                      | 5              | 0,007         | 0,14  | 13                     | 5              | 0,013         | 0,26  | 35                     | 5              | 0,035         | 0,70 |
| 11-feb    | 2           | 12                     | 5              | 0,012         | 0,24  | 14                     | 5              | 0,014         | 0,28  | 37                     | 5              | 0,037         | 0,74 |
| 12-feb    | 3           | 13                     | 5              | 0,013         | 0,26  | 15                     | 5              | 0,015         | 0,30  | 38                     | 5              | 0,038         | 0,76 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| ANILLO DE CARGA UTILIZADO | N° 12066   |
| CONSTANTE:                | 3,5114 lbs |

| TIEMPO | PENETRACIÓN               | PENETRACIÓN            |         |                      |                      |                      |                        |         |                   |                      |                      |                        |         |                   |                  |                      |                      |                      |     |
|--------|---------------------------|------------------------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|---------|-------------------|----------------------|----------------------|------------------------|---------|-------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----|
|        |                           | MOLDE N° 1 (56 GOLPES) |         |                      |                      |                      | MOLDE N° 2 (25 GOLPES) |         |                   |                      |                      | MOLDE N° 3 (10 GOLPES) |         |                   |                  |                      |                      |                      |     |
|        |                           | CARGA                  | PRESIÓN | PRESIÓN CORREGIDA    | PRESIÓN ESTÁNDAR     | VALOR CBR            | CARGA                  | PRESIÓN | PRESIÓN CORREGIDA | PRESIÓN ESTÁNDAR     | VALOR CBR            | CARGA                  | PRESIÓN | PRESIÓN CORREGIDA | PRESIÓN ESTÁNDAR | VALOR CBR            |                      |                      |     |
| min    | pulg (X10 <sup>-3</sup> ) | dial                   | lbs     | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> |                        | dial    | lbs               | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup>   |         | dial              | lbs              | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> | lb/pulg <sup>2</sup> |     |
| 0,00   | 0                         | 0                      | 0,00    | 0,00                 | 0,00                 |                      |                        | 0       | 0,00              | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                   |         | 0                 | 0,00             | 0,00                 | 0,00                 | 0,00                 |     |
| 0,30   | 25                        | 51                     | 180,00  | 60,00                | 66,14                |                      |                        | 26      | 93,00             | 31,00                | 42,66                |                        |         | 15                | 54,00            | 18,00                | 19,23                |                      |     |
| 1,00   | 50                        | 103                    | 360,00  | 120,00               | 130,77               |                      |                        | 76      | 267,00            | 89,00                | 83,32                |                        |         | 40                | 141,00           | 47,00                | 37,34                |                      |     |
| 1,30   | 75                        | 154                    | 540,00  | 180,00               | 193,91               |                      |                        | 115     | 405,00            | 135,00               | 121,97               |                        |         | 61                | 213,00           | 71,00                | 54,32                |                      |     |
| 2,00   | 100                       | 205                    | 720,00  | 240,00               | 255,54               | 1000                 | 25,6                   | 150     | 525,00            | 175,00               | 158,63               | 1000                   | 15,9    | 74                | 261,00           | 87,00                | 70,18                | 1000                 | 7,0 |
| 3,00   | 150                       | 308                    | 1080,00 | 360,00               | 374,31               |                      |                        | 202     | 711,00            | 237,00               | 225,95               |                        |         | 85                | 300,00           | 100,00               | 98,52                |                      |     |
| 4,00   | 200                       | 414                    | 1455,00 | 485,00               | 487,08               |                      |                        | 245     | 861,00            | 287,00               | 285,26               |                        |         | 95                | 333,00           | 111,00               | 122,36               |                      |     |
| 5,00   | 250                       | 521                    | 1830,00 | 610,00               | 593,85               |                      |                        | 283     | 993,00            | 331,00               | 336,58               |                        |         | 120               | 420,00           | 140,00               | 141,70               |                      |     |
| 6,00   | 300                       | 615                    | 2160,00 | 720,00               | 694,62               |                      |                        | 308     | 1080,00           | 360,00               | 379,89               |                        |         | 128               | 450,00           | 150,00               | 156,54               |                      |     |
| 8,00   | 400                       | 760                    | 2670,00 | 890,00               | 878,16               |                      |                        | 366     | 1284,00           | 428,00               | 442,52               |                        |         | 145               | 510,00           | 170,00               | 172,72               |                      |     |
| 10,00  | 500                       | 884                    | 3105,00 | 1035,00              | 1037,70              |                      |                        | 411     | 1443,00           | 481,00               | 473,15               |                        |         | 154               | 540,00           | 180,00               | 170,90               |                      |     |



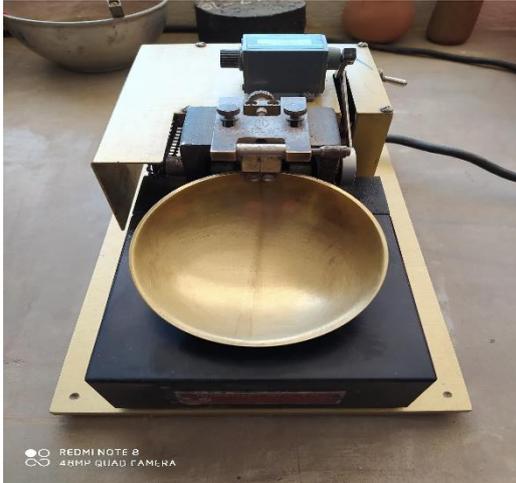
| VALOR CBR<br>AL 0.1" | DENSIDAD<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------------|----------------------------------|
| 25,55                | 1721                             |
| 15,86                | 1608                             |
| 7,02                 | 1500                             |



|  |
|--|
| VALOR C.B.R. SATURADO AL 100% DE LA MAXIMA DENSIDAD = 25.3 % |
| VALOR C.B.R. SATURADO AL 95% DE LA MAXIMA DENSIDAD = 17.5 %  |
| VALOR C.B.R. SATURADO AL 90% DE LA MAXIMA DENSIDAD = 10.3 %  |

## Capítulo IV (FOTOGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS)

### Equipos y herramientas utilizadas.



*Cuchara de Casagrande.*



*Tamices.*



*Balanza (Máximo 30 kg).*



*Balanza (Máximo 3 kg).*



*Balanza (Máximo 0.3 kg).*



*Prensa de carga manual para CBR.*



*Horno eléctrico de laboratorio.*



*Granulometría de la muestra 1*



*Muestras pasante tamiz N°40, para determinar los límites de Atterberg.*



*Muestras secas posterior al ensayo de los límites de Atterberg.*



*Compactación molde 4 de la muestra 2, para CBR.*



*Muestra compactada y enrasada.*



*Moldes sumergidos, para determinar el esponjamiento.*



*Molde 5 de la muestra 1, previo a ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 7 de la muestra 1, previo a ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 8 de la muestra 1, previo a ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 4 de la muestra 2, previo a ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 9 de la muestra 2, previo a ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 6 de la muestra 2, previo a ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 1 de la muestra 3, previo a ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 2 de la muestra 3, previo a ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 3 de la muestra 3, previo a ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 4 de la muestra 2, después de ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 9 de la muestra 2, después de ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 6 de la muestra 2, después de ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde2 de la muestra 3, después de ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde 3 de la muestra 3, después de ser ensayada en la prensa de carga manual.*



*Molde1 de la muestra 3, después de ser ensayada en la prensa de carga manual.*

Anexos: Resultados de los ensayos de laboratorio del material Base y Sub-base de la cantera Construarenas.



**ENSAYO DE GRANULOMETRIA**

METODO A.S.T.M.: D422 - 547 Y C 136 - 46

GEOTECNIA - GEOFISICA - GEOLOGIA

PROYECTO : SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EL INGA  
 UBICACIÓN : EL INGA  
 CANTERA : CONSTRUARENAS  
 MUESTRA : MATERIAL DE BASE ENSAYO N° 2

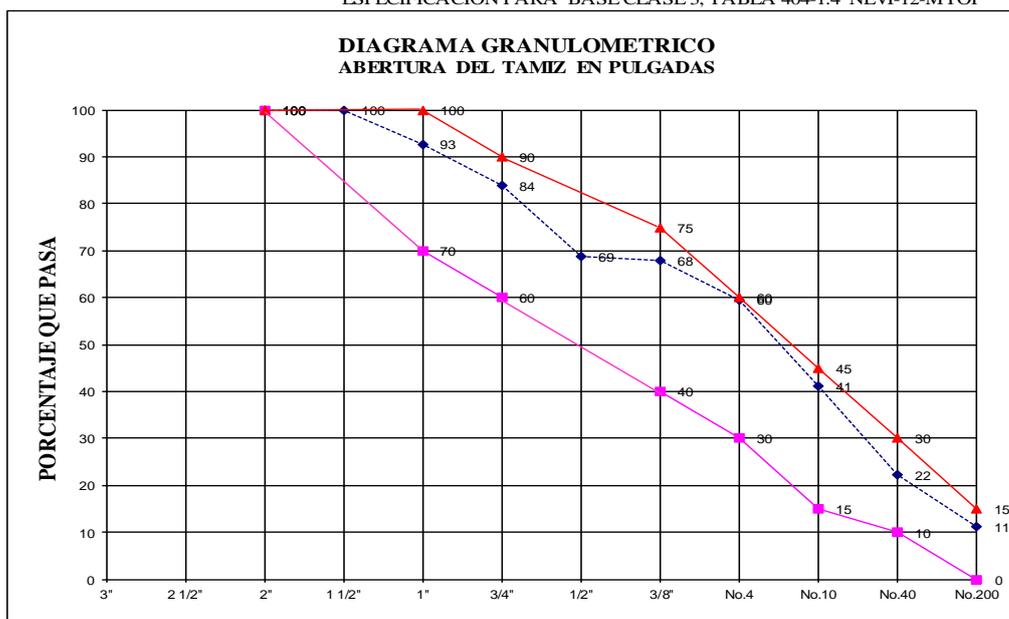
FECHA : ABRIL/2014  
 REALIZADO : S.G.  
 SOLICITADO : ING. A. REINOSO

| DESIGNACION DE TAMIZ STANDARD | PESO RETENIDO (gr) |           | PORCENTAJE RETENIDO | PORCENTAJE PASANDO | PORCENTAJE ESPECIFICADO |     |
|-------------------------------|--------------------|-----------|---------------------|--------------------|-------------------------|-----|
|                               | PARCIAL            | ACUMULADO |                     |                    |                         |     |
| 3"                            | 0                  | 0         | 0                   | 100                |                         |     |
| 2 1/2"                        | 0                  | 0         | 0                   | 100                |                         |     |
| 2"                            | 0                  | 0         | 0                   | 100                | 100                     | 100 |
| 1 1/2"                        | 0                  | 0         | 0                   | 100                |                         |     |
| 1"                            | 5245               | 5245      | 7                   | 93                 | 70                      | 100 |
| 3/4"                          | 6422               | 11667     | 16                  | 84                 | 60                      | 90  |
| 1/2"                          | 10722              | 22389     | 31                  | 69                 |                         |     |
| 3/8"                          | 600                | 22989     | 32                  | 68                 | 40                      | 75  |
| No.4                          | 6018               | 29007     | 40                  | <b>60</b>          | 30                      | 60  |
| PASA No.4                     | 42759              | 42759     |                     | <b>60</b>          |                         |     |

|              |    |     |    |           |    |    |
|--------------|----|-----|----|-----------|----|----|
| No.8         |    |     |    |           |    |    |
| No.10        | 93 | 93  | 59 | 41        | 15 | 45 |
| No.16        |    |     |    |           |    |    |
| No.30        |    |     |    |           |    |    |
| No.40        | 95 | 188 | 78 | 22        | 10 | 30 |
| No.50        |    |     |    |           |    |    |
| No.60        |    |     |    |           |    |    |
| No.80        |    |     |    |           |    |    |
| No.100       |    |     |    |           |    |    |
| PASA No.100  |    |     |    |           |    |    |
| No.200       | 56 | 244 | 89 | <b>11</b> | 0  | 15 |
| PASA No. 200 | 56 | 56  |    | <b>11</b> |    |    |

PESO TOTAL DE LA MUESTRA 71766 gr  
 PESO PASA TAMIZ No.4 POR CUARTEO 300 gr  
 MODULO DE FINURA 2.09 %

OBSERVACIONES: ----- ENSAYO  
 \_\_\_\_\_ ESPECIFICACIÓN PARA BASE CLASE 3, TABLA 404-1.4 NEVI-12-MTOP





## ENSAYO DE GRANULOMETRIA

METODO A.S.T.M.: D422 - 547 Y C 136 - 46

GEOTECNIA - GEOFISICA - GEOLOGIA

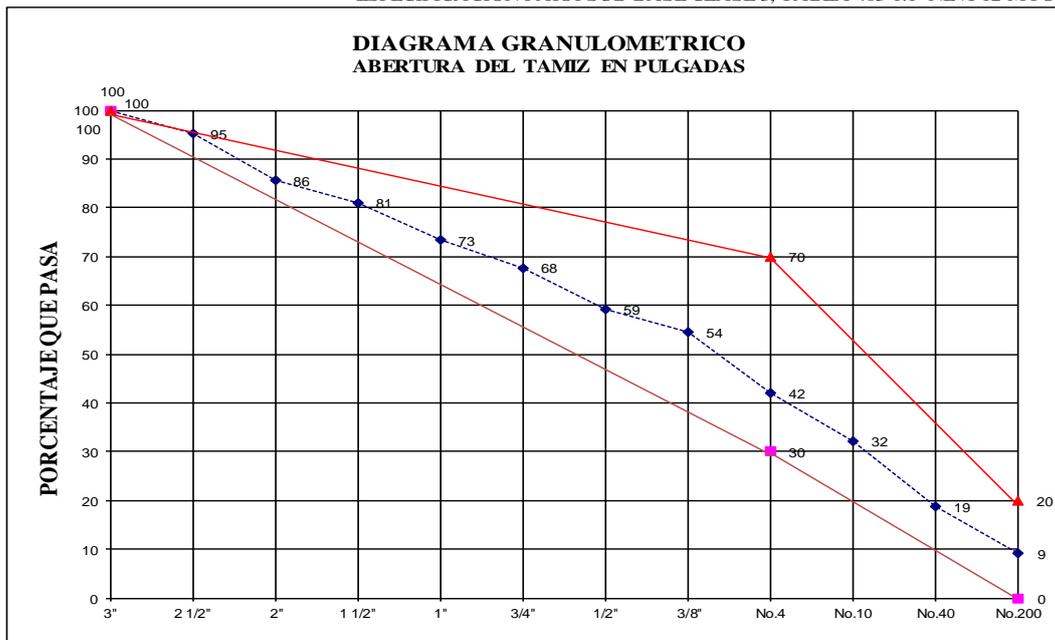
|  |                              |
|--|------------------------------|
| PROYECTO : SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EL INGA   | FECHA : ABRIL/2014           |
| UBICACIÓN : EL INGA                        | REALIZADO : S.G.             |
| CANTERA : CONSTRUARENAS                    | SOLICITADO : ING. A. REINOSO |
| MUESTRA : MATERIAL DE SUB-BASE ENSAYO N° 1 |                              |

| DESIGNACION DE TAMIZ STANDARD | PESO RELENIDO (gr) |           | PORCENTAJE RELENIDO | PORCENTAJE PASANDO | PORCENTAJE ESPECIFICADO |     |
|-------------------------------|--------------------|-----------|---------------------|--------------------|-------------------------|-----|
|                               | PARCIAL            | ACUMULADO |                     |                    |                         |     |
| 3"                            | 0                  | 0         | 0                   | 100                | 100                     | 100 |
| 2 1/2"                        | 3802               | 3802      | 5                   | 95                 |                         |     |
| 2"                            | 7336               | 11138     | 14                  | 86                 |                         |     |
| 1 1/2"                        | 3551               | 14689     | 19                  | 81                 |                         |     |
| 1"                            | 5936               | 20625     | 27                  | 73                 |                         |     |
| 3/4"                          | 4364               | 24989     | 32                  | 68                 |                         |     |
| 1/2"                          | 6559               | 31548     | 41                  | 59                 |                         |     |
| 3/8"                          | 3681               | 35229     | 46                  | 54                 |                         |     |
| No.4                          | 9565               | 44794     | 58                  | <b>42</b>          | 30                      | 70  |
| PASA No.4                     | 32576              | 32576     |                     | <b>42</b>          |                         |     |

|              |     |     |    |          |   |    |
|--------------|-----|-----|----|----------|---|----|
| No.8         |     |     |    |          |   |    |
| No.10        | 112 | 112 | 68 | 32       |   |    |
| No.16        |     |     |    |          |   |    |
| No.30        |     |     |    |          |   |    |
| No.40        | 152 | 264 | 81 | 19       |   |    |
| No.50        |     |     |    |          |   |    |
| No.60        |     |     |    |          |   |    |
| No.80        |     |     |    |          |   |    |
| No.100       |     |     |    |          |   |    |
| PASA No.100  |     |     |    |          |   |    |
| No.200       | 108 | 372 | 91 | <b>9</b> | 0 | 20 |
| PASA No. 200 | 104 | 104 |    | <b>9</b> |   |    |

PESO TOTAL DE LA MUESTRA 77370 gr  
 PESO PASA TAMIZ No.4 POR CUARTEO 476 gr  
 MODULO DE FINURA 2.52 %

OBSERVACIONES:   -----  ENSAYO  
                                   —————  ESPECIFICACIÓN PARA SUB-BASE CLASE 3, TABLA 403-1.1- NEVI-12-MTOP





## ENSAYO DE COMPACTACIÓN

A.A.S.H.T.O. T-180, Método "Modificado"

GEOTECNIA - GEOFISICA - GEOLOGIA

|  |                              |
|--|------------------------------|
| PROYECTO : SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EL INGA | FECHA : ABRIL/2014           |
| UBICACIÓN : EL INGA                      | REALIZADO : S.G.             |
| CANTERA : CONSTRUARENAS                  | SOLICITADO : ING. A. REINOSO |
| MUESTRA : MATERIAL DE BASE               |                              |

|                    |      |                   |     |                           |        |
|--------------------|------|-------------------|-----|---------------------------|--------|
| GOLPES POR CAPA :  | 56   | NUMERO DE CAPAS:  | 5   | PESO DE MARTILLO :        | 10 Lbs |
| DIAMETRO DE MOLDE: | 6"   | ALTURA DE CAIDA : | 18" | VOLUMEN cm <sup>3</sup> : | 2120   |
| DENSIDAD MAXIMA:   | 2060 | Kg/m <sup>3</sup> |     | OPTIMA HUMEDAD % :        | 11.10  |

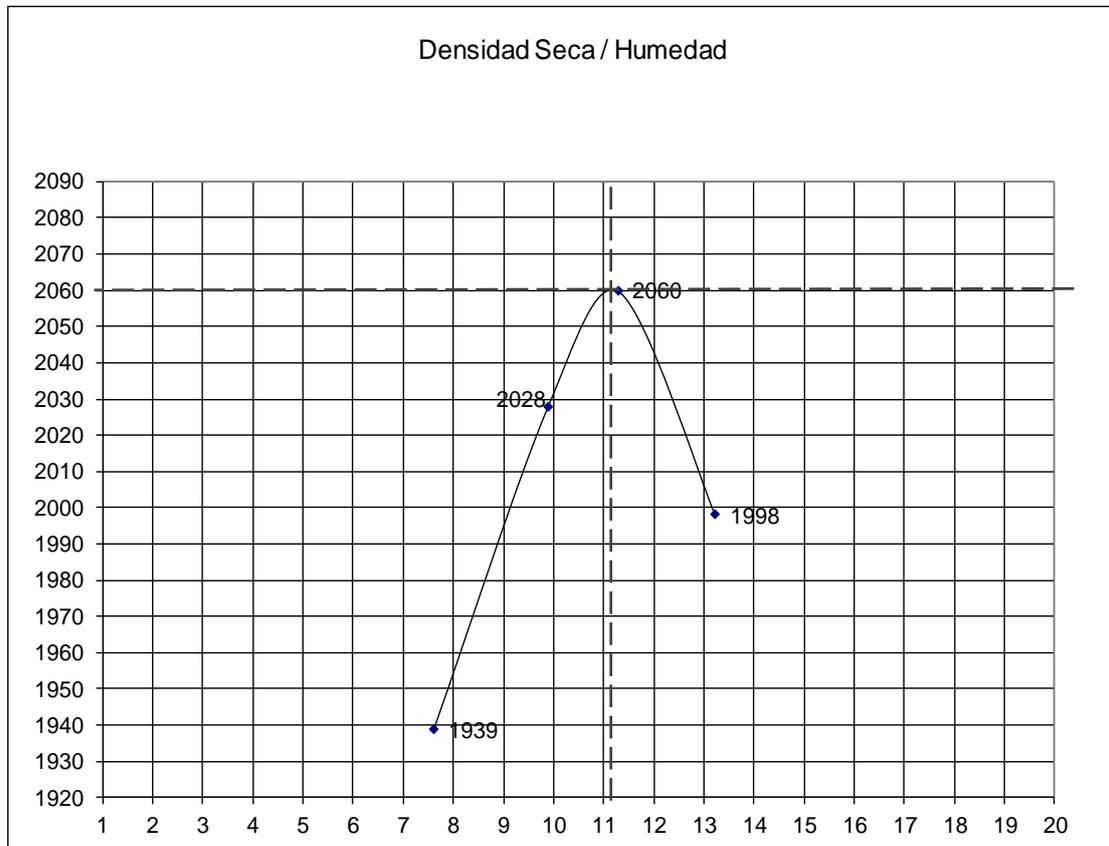
### CONTENIDO DE AGUA

| PUNTO N°               | 1      |        | 2      |        | 3      |        | 4      |        |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                        | E-1    | J-11   | J-2    | E-3    | J-13   | E-5    | J-10   | J-6    |
| TARRO N°               |        |        |        |        |        |        |        |        |
| SUELO HUM. + TARRO gr. | 240.33 | 225.60 | 223.12 | 225.73 | 274.73 | 276.17 | 244.04 | 237.67 |
| SUELO SECO + TARRO gr. | 225.54 | 212.31 | 206.16 | 208.27 | 250.07 | 251.80 | 219.26 | 214.10 |
| PESO TARRO gr.         | 34.53  | 34.09  | 33.34  | 32.75  | 33.78  | 34.16  | 34.02  | 33.52  |
| CONTENIDO DE AGUA %    | 7.74   | 7.46   | 9.81   | 9.95   | 11.40  | 11.20  | 13.38  | 13.05  |
| CONT. PROMEDIO AGUA %  | 7.60   |        | 9.88   |        | 11.30  |        | 13.21  |        |

### DATOS DE LA CURVA

| PUNTO N°                           | 1                      |       | 2     |       | 3     |  | 4 |  |
|------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|--|---|--|
|                                    | PESO MOLDE + SUELO gr. | 10972 | 11273 | 11409 | 11345 |  |   |  |
| PESO MOLDE gr.                     | 6549                   | 6549  | 6549  | 6549  |       |  |   |  |
| PESO SUELO gr.                     | 4423                   | 4724  | 4860  | 4796  |       |  |   |  |
| VOLUMEN cm <sup>3</sup>            | 2120                   | 2120  | 2120  | 2120  |       |  |   |  |
| DENSIDAD HUMEDA gr/cm <sup>3</sup> | 2.086                  | 2.228 | 2.292 | 2.262 |       |  |   |  |
| CONT. PROMEDIO AGUA %              | 7.60                   | 9.88  | 11.30 | 13.21 |       |  |   |  |
| DENSIDAD SECA gr/cm <sup>3</sup>   | 1939                   | 2028  | 2060  | 1998  |       |  |   |  |

OBSERVACIONES:





## ENSAYO DE COMPACTACIÓN

A.A.S.H.T.O. T-180, Método "Modificado"

GEOTECNIA - GEOFISICA - GEOLOGIA

|  |                              |
|--|------------------------------|
| PROYECTO : SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EL INGA | FECHA : ABRIL/2014           |
| UBICACIÓN : EL INGA                      | REALIZADO : S.G.             |
| CANTERA : CONSTRUARENAS                  | SOLICITADO : ING. A. REINOSO |
| MUESTRA : MATERIAL DE SUB-BASE           |                              |

|                    |      |                   |     |                           |        |
|--------------------|------|-------------------|-----|---------------------------|--------|
| GOLPES POR CAPA :  | 56   | NUMERO DE CAPAS:  | 5   | PESO DE MARTILLO :        | 10 Lbs |
| DIAMETRO DE MOLDE: | 6"   | ALTURA DE CAIDA : | 18" | VOLUMEN cm <sup>3</sup> : | 2120   |
| DENSIDAD MAXIMA:   | 2058 | Kg/m <sup>3</sup> |     | OPTIMA HUMEDAD % :        | 10.30  |

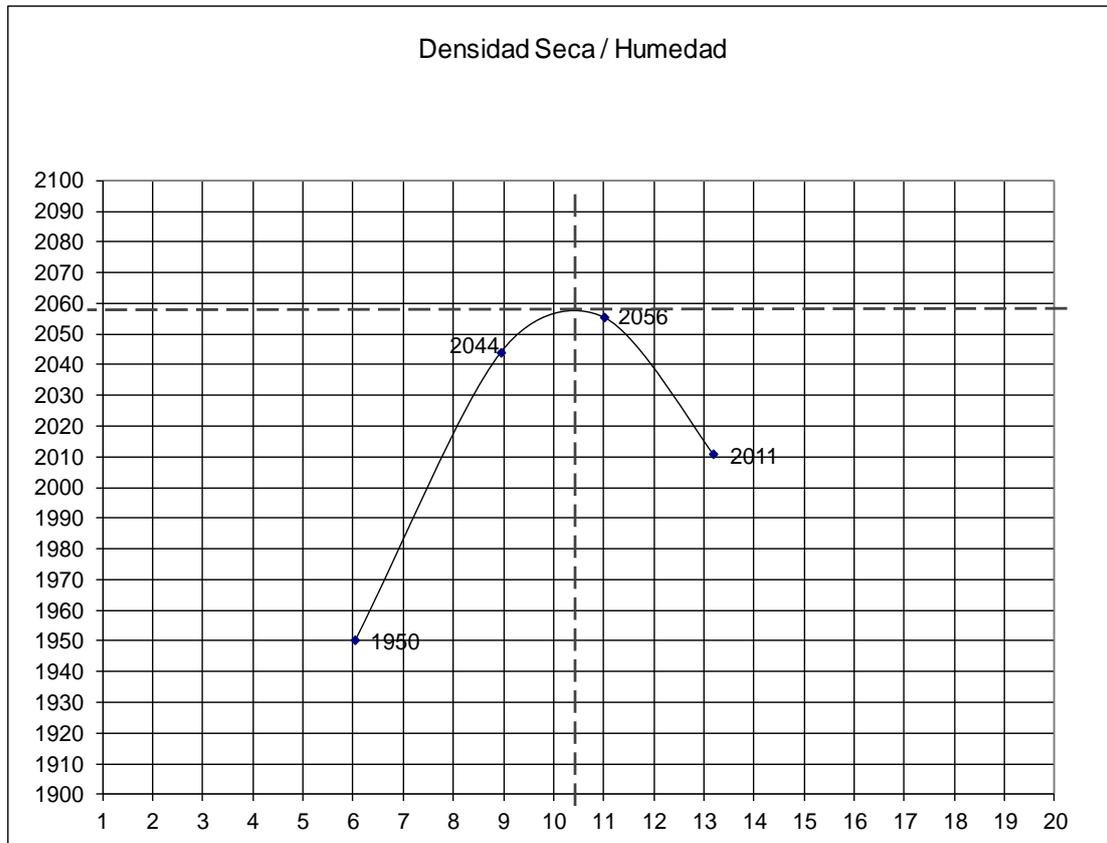
### CONTENIDO DE AGUA

| PUNTO N°               | 1      |        | 2      |        | 3      |        | 4      |        |  |  |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|
| TARRO N°               | J-14   | J-7    | E-7    | E-4    | J-5    | J-100  | E-6    | J-12   |  |  |
| SUELO HUM. + TARRO gr. | 234.58 | 223.59 | 238.00 | 245.57 | 239.97 | 267.56 | 227.20 | 201.76 |  |  |
| SUELO SECO + TARRO gr. | 223.15 | 212.74 | 220.99 | 228.44 | 219.54 | 244.43 | 204.52 | 182.14 |  |  |
| PESO TARRO gr.         | 34.00  | 33.50  | 33.89  | 33.87  | 33.87  | 34.84  | 32.86  | 33.50  |  |  |
| CONTENIDO DE AGUA %    | 6.04   | 6.05   | 9.09   | 8.80   | 11.00  | 11.04  | 13.21  | 13.20  |  |  |
| CONT. PROMEDIO AGUA %  | 6.05   |        | 8.95   |        | 11.02  |        | 13.21  |        |  |  |

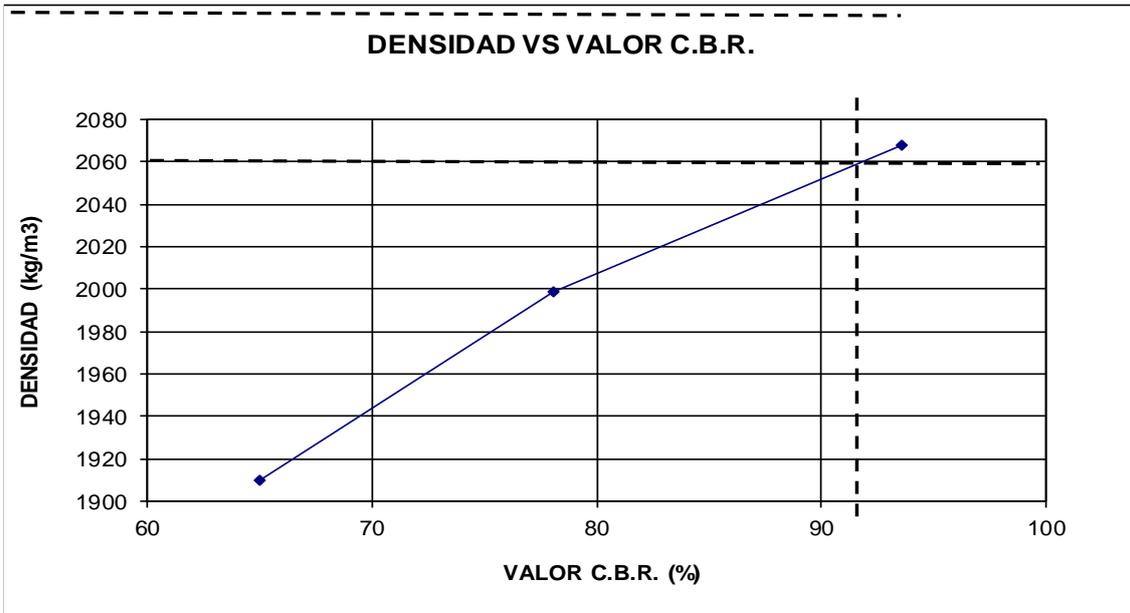
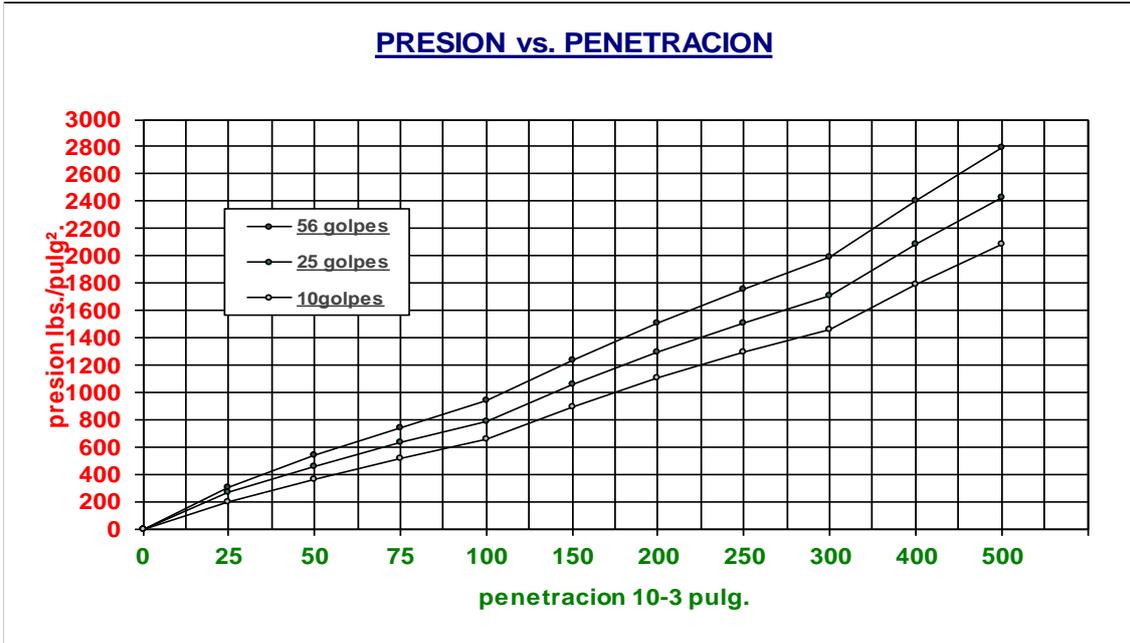
### DATOS DE LA CURVA

| PUNTO N°                           | 1     | 2     | 3     | 4     |  |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--|
| PESO MOLDE + SUELO gr.             | 10650 | 10986 | 11103 | 11091 |  |
| PESO MOLDE gr.                     | 6265  | 6265  | 6265  | 6265  |  |
| PESO SUELO gr.                     | 4385  | 4721  | 4838  | 4826  |  |
| VOLUMEN cm <sup>3</sup>            | 2120  | 2120  | 2120  | 2120  |  |
| DENSIDAD HUMEDA gr/cm <sup>3</sup> | 2.068 | 2.227 | 2.282 | 2.276 |  |
| CONT. PROMEDIO AGUA %              | 6.05  | 8.95  | 11.02 | 13.21 |  |
| DENSIDAD SECA gr/cm <sup>3</sup>   | 1950  | 2044  | 2056  | 2011  |  |

OBSERVACIONES:

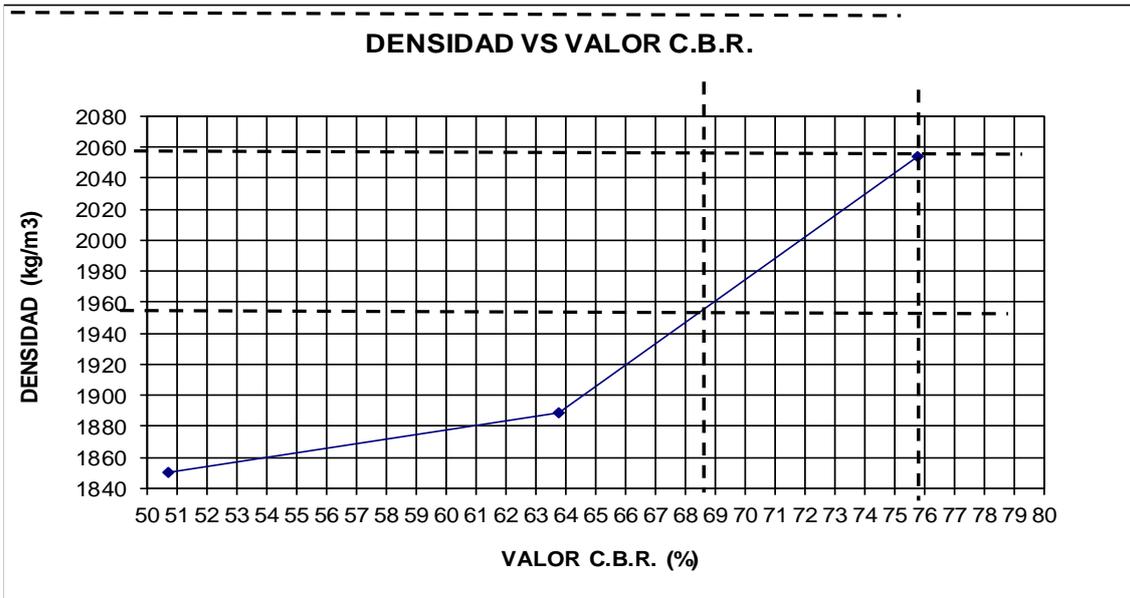
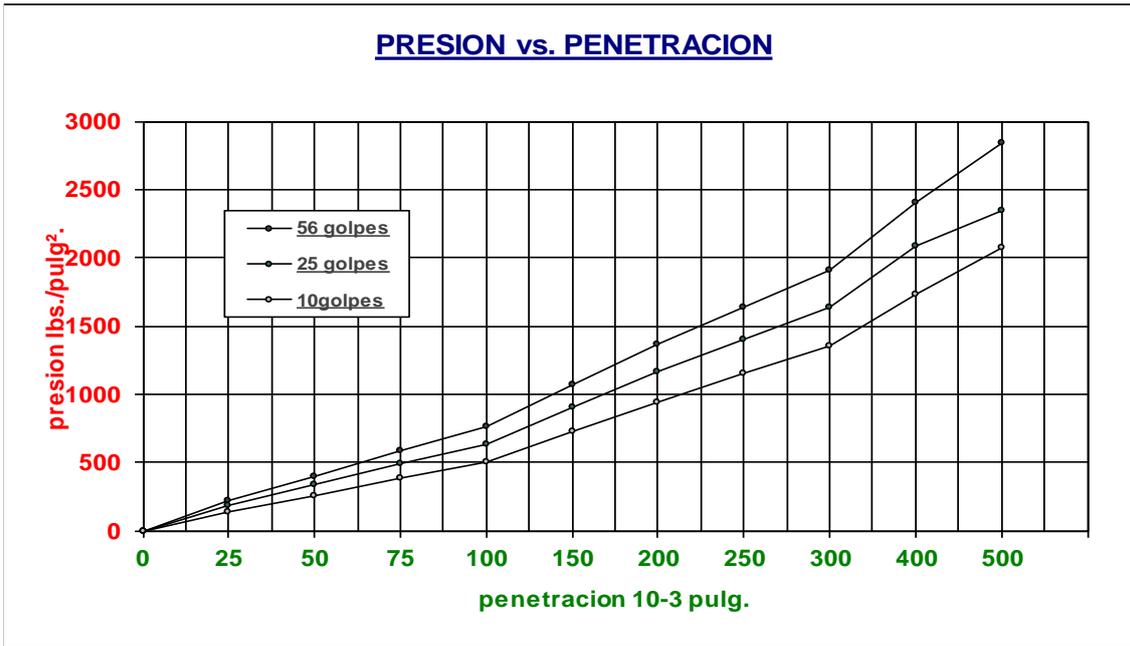


PROYECTO : SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EL INGA      FECHA : ABRIL/2014  
 UBICACIÓN : EL INGA      REALIZADO : S.G.  
 CANTERA : CONSTRUARENAS      SOLICITADO : ING. REINOSO  
 MUESTRA : MATERIAL DE BASE



VALOR C.B.R. SATURADO AL 100% DE LA MÁXIMA DENSIDAD = 92,0 %  
 VALOR C.B.R. SATURADO AL 95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD = 71,0 %

PROYECTO : SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EL INGA      FECHA : ABRIL/2014  
 UBICACIÓN : EL INGA      REALIZADO : S.G.  
 CANTERA : CONSTRUARENAS      SOLICITADO : ING. REINOSO  
 MUESTRA : MATERIAL DE SUB-BASE



VALOR C.B.R. SATURADO AL 100% DE LA MÁXIMA DENSIDAD = 75,9 %  
 VALOR C.B.R. SATURADO AL 95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD = 68.5 %



































**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO:** AMPLIACIÓN VIAL Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE LA AV. GRAL. ENRÍQUEZ - REDONDEL C.C. RIVER MALL-ACADEMIA DE GUERRA  
**RUBRO N°:** 17  
**RUBRO:** ROTULO DE IDENTIFICACION DEL PROYECTO 2.40 X 1.20 m (ESTRUC. METALICA Y LONA)  
**UNIDAD:** u  
**FECHA:** MAYO/2021

Hoja 17 de 28

**EQUIPO Y HERRAMIENTA**

| DESCRIPCION                 | CANTIDAD<br>A | TARIFA/H.<br>B | COSTO HORA<br>C=AxB | RENDIMIENTO<br>R | COSTO TOTAL<br>D=CxR | %            |
|-----------------------------|---------------|----------------|---------------------|------------------|----------------------|--------------|
| HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.) |               |                |                     |                  | 4.52                 | 2.20         |
| SOLDADORA ELECTRICA 300 A   | 1.00          | 2.50           | 2.50                | 8.0000           | 20.00                | 9.75         |
| AMOLADORA ELECTRICA         | 1.00          | 2.00           | 2.00                | 2.0000           | 4.00                 | 1.95         |
| EQUIPO PINTURA              | 1.00          | 2.00           | 2.00                | 2.0000           | 4.00                 | 1.95         |
|                             |               |                |                     |                  |                      |              |
|                             |               |                |                     |                  |                      |              |
|                             |               |                |                     |                  |                      |              |
|                             |               |                |                     |                  |                      |              |
|                             |               |                |                     |                  |                      |              |
| <b>PARCIAL M</b>            |               |                |                     |                  | <b>32.52</b>         | <b>15.86</b> |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION                | CANTIDAD<br>A | JORNAL/HR<br>B | COSTO HORA<br>C=AxB | RENDIMIENTO<br>R | COSTO TOTAL<br>D=CxR | %            |
|----------------------------|---------------|----------------|---------------------|------------------|----------------------|--------------|
| AYTE ALBANIL Estr. Ocup E2 | 2.00          | 3.62           | 7.24                | 8.0000           | 57.92                | 28.24        |
| MAESTRO SOLDADOR ESPECIALI | 1.00          | 4.06           | 4.06                | 8.0000           | 32.48                | 15.84        |
|                            |               |                |                     |                  |                      |              |
|                            |               |                |                     |                  |                      |              |
|                            |               |                |                     |                  |                      |              |
|                            |               |                |                     |                  |                      |              |
|                            |               |                |                     |                  |                      |              |
|                            |               |                |                     |                  |                      |              |
|                            |               |                |                     |                  |                      |              |
| <b>PARCIAL N</b>           |               |                |                     |                  | <b>90.40</b>         | <b>44.08</b> |

**MATERIAL**

| DESCRIPCION                                  | UNIDAD | CANTIDAD<br>A | P. UNITARIO<br>B | COSTO TOTAL<br>C=AxB | %            |
|--|--------|---------------|------------------|----------------------|--------------|
| PINGO DE EUCALIPTO 4 A 7 m X (Ø 10,12,14 cm) | m      | 7.20          | 1.20             | 8.64                 | 4.21         |
| ROTULO CARACTERISTICAS PROYECTO EN LONA      | m2     | 3.00          | 10.00            | 30.00                | 14.63        |
| DISCO DE CORTE METAL 7"                      | u      | 0.20          | 2.50             | 0.50                 | 0.24         |
| DISCO DE DESBASTE METAL 7"                   | u      | 0.20          | 5.40             | 1.08                 | 0.53         |
| PINTURA ANTICORROSIVA                        | gl     | 0.25          | 18.60            | 4.65                 | 2.27         |
| TUBO CUADRADO 1" x 2 mm - 6 m                | m      | 10.80         | 3.33             | 35.96                | 17.53        |
| ELECTRODO # 6011 X 1/8"                      | Kg     | 0.30          | 4.50             | 1.35                 | 0.66         |
|  |        |               |                  |                      |              |
|  |        |               |                  |                      |              |
|  |        |               |                  |                      |              |
|  |        |               |                  |                      |              |
|  |        |               |                  |                      |              |
|  |        |               |                  |                      |              |
|  |        |               |                  |                      |              |
|  |        |               |                  |                      |              |
| <b>PARCIAL O</b>                             |        |               |                  | <b>82.18</b>         | <b>40.07</b> |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION      | UNIDAD | CANTIDAD<br>A | TARIFA/U<br>B | DISTANCIA<br>C | COSTO TOTAL<br>D=AxBxC | %           |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|-------------|
|                  |        |               |               |                |                        |             |
|                  |        |               |               |                |                        |             |
|                  |        |               |               |                |                        |             |
|                  |        |               |               |                |                        |             |
| <b>PARCIAL P</b> |        |               |               |                | <b>0.00</b>            | <b>0.00</b> |

|                                      |  |   |               |
|--------------------------------------|--|---|---------------|
|                                      |  | <b>TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P):</b> | 205.10        |
|                                      |  | <b>INDIRECTOS Y UTILIDAD: 15.00%</b>      | 30.76         |
|                                      |  | <b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>             | <b>235.86</b> |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |  | <b>VALOR PROPUESTO:</b>                   | <b>235.86</b> |

**SON:** DOSCIENTOS TREINTA Y CINCO dolares OCHENTA Y SEIS centavos













**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO:** AMPLIACIÓN VIAL Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE LA AV. GRAL. ENRÍQUEZ - REDONDEL C.C. RIVER MALL-ACADEMIA DE GUERRA

**RUBRO N°:** 24

**RUBRO:** CORTE, DESTRONQUE DE ÁRBOLES Y DESALOJO

**UNIDAD:** u

**FECHA:** MAYO/2021

Hoja 24 de 28

**EQUIPO Y HERRAMIENTA**

| DESCRIPCION                 | CANTIDAD<br>A | TARIFA/H.<br>B | COSTO HORA<br>C=AxB | RENDIMIENTO<br>R | COSTO TOTAL<br>D=CxR | %     |
|-----------------------------|---------------|----------------|---------------------|------------------|----------------------|-------|
| MOTOSIERRA                  | 2.00          | 3.00           | 6.00                | 4.0000           | 24.00                | 14.56 |
| HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.) |               |                |                     |                  | 0.92                 | 0.56  |
| AMOLADORA                   | 2.00          | 2.00           | 4.00                | 4.0000           | 16.00                | 9.71  |
| MAQUINA EXTRACTORA DE TOC   | 1.00          | 67.50          | 67.50               | 1.0000           | 67.50                | 40.94 |
|                             |               |                |                     |                  |                      |       |
|                             |               |                |                     |                  |                      |       |
|                             |               |                |                     |                  |                      |       |
|                             |               |                |                     |                  |                      |       |
|                             |               |                |                     |                  |                      |       |
| <b>PARCIAL M</b>            |               |                |                     |                  | 108.42               | 65.77 |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION      | CANTIDAD<br>A | JORNAL/HR<br>B | COSTO HORA<br>C=AxB | RENDIMIENTO<br>R | COSTO TOTAL<br>D=CxR | %     |
|------------------|---------------|----------------|---------------------|------------------|----------------------|-------|
| OPERARIO         | 1.00          | 3.86           | 3.86                | 1.0000           | 3.86                 | 2.34  |
| OFICIAL          | 2.00          | 3.66           | 7.32                | 1.0000           | 7.32                 | 4.44  |
| PEON             | 2.00          | 3.62           | 7.24                | 1.0000           | 7.24                 | 4.39  |
|                  |               |                |                     |                  |                      |       |
|                  |               |                |                     |                  |                      |       |
|                  |               |                |                     |                  |                      |       |
|                  |               |                |                     |                  |                      |       |
|                  |               |                |                     |                  |                      |       |
| <b>PARCIAL N</b> |               |                |                     |                  | 18.42                | 11.17 |

**MATERIAL**

| DESCRIPCION      | UNIDAD | CANTIDAD<br>A | P. UNITARIO<br>B | COSTO TOTAL<br>C=AxB | %     |
|------------------|--------|---------------|------------------|----------------------|-------|
| DISCOS DE CORTE  | u      | 20            | 1.90             | 38.02                | 23.06 |
|                  |        |               |                  |                      |       |
|                  |        |               |                  |                      |       |
|                  |        |               |                  |                      |       |
|                  |        |               |                  |                      |       |
|                  |        |               |                  |                      |       |
|                  |        |               |                  |                      |       |
|                  |        |               |                  |                      |       |
|                  |        |               |                  |                      |       |
|                  |        |               |                  |                      |       |
|                  |        |               |                  |                      |       |
| <b>PARCIAL O</b> |        |               |                  | 38.02                | 23.06 |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION      | UNIDAD | CANTIDAD<br>A | TARIFA/U<br>B | DISTANCIA<br>C | COSTO TOTAL<br>D=AxBxC | %    |
|------------------|--------|---------------|---------------|----------------|------------------------|------|
|                  |        |               |               |                |                        |      |
|                  |        |               |               |                |                        |      |
|                  |        |               |               |                |                        |      |
| <b>PARCIAL P</b> |        |               |               |                | 0.00                   | 0.00 |

|                                      |  |  |             |   |        |  |
|--------------------------------------|--|--|-------------|---|--------|--|
|                                      |  |  |             |   | 164.86 |  |
|                                      |  |  |             | 15.00%  | 24.73  |  |
|                                      |  |  |             |   | 189.59 |  |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |  |  |             |   | 189.59 |  |
|                                      |  |  | <b>SON:</b> | CIENTO OCHENTA Y NUEVE dolares CINCUENTA Y NUEVE centavos |        |  |



**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO:** AMPLIACIÓN VIAL Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE LA AV. GRAL. ENRÍQUEZ - REDONDEL C.C. RIVER MALL-ACADEMIA DE GUERRA  
**RUBRO N°:** 26  
**RUBRO:** CONSTRUCCIÓN DE CAMPAMENTO, BODEGAS Y OBRAS PROVISIONALES  
**UNIDAD:** gbl  
**FECHA:** MAYO/2021

Hoja 26 de 28

**EQUIPO Y HERRAMIENTA**

| DESCRIPCION                 | CANTIDAD | TARIFA/H. | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO TOTAL | %    |
|-----------------------------|----------|-----------|------------|-------------|-------------|------|
|                             | A        | B         | C=AxB      | R           | D=CxR       |      |
| HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.) |          |           |            |             | 10.26       | 0.92 |
| CONCRETERA 1 SACO           | 1        | 5         | 5          | 1           | 5           | 0.45 |
| AMOLADORA                   | 1.00     | 1.50      | 1.5        | 1.0000      | 1.5         | 0.13 |
| TALADRO                     | 1.00     | 1.50      | 1.5        | 1.0000      | 1.5         | 0.13 |
|                             |          |           |            |             |             |      |
|                             |          |           |            |             |             |      |
|                             |          |           |            |             |             |      |
|                             |          |           |            |             |             |      |
| <b>PARCIAL M</b>            |          |           |            |             | 18.26       | 1.63 |

**MANO DE OBRA**

| DESCRIPCION           | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO TOTAL | %     |
|-----------------------|----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------|
|                       | A        | B         | C=AxB      | R           | D=CxR       |       |
| ALBAÑIL Estr. Ocup D2 | 1.00     | 3.86      | 3.86       | 8.0000      | 30.88       | 2.76  |
| PEON Estr. Ocup E2    | 4.00     | 3.62      | 14.48      | 8.0000      | 115.84      | 10.34 |
| OFICIAL               | 2.00     | 3.66      | 7.32       | 8.0000      | 58.56       | 5.23  |
|                       |          |           |            |             |             |       |
|                       |          |           |            |             |             |       |
|                       |          |           |            |             |             |       |
|                       |          |           |            |             |             |       |
| <b>PARCIAL N</b>      |          |           |            |             | 205.28      | 18.32 |

**MATERIAL**

| DESCRIPCION                    | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO TOTAL | %     |
|--------------------------------|--------|----------|-------------|-------------|-------|
|                                |        | A        | B           | C=AxB       |       |
| CEMENTO PORTLAND TIPO I        | Kg     | 500.00   | 0.20        | 100.00      | 8.92  |
| ARENA NEGRA PUESTA EN OBRA     | m3     | 1.20     | 15.00       | 18.00       | 1.61  |
| RIPIO TRITURADO PUESTO EN OBRA | m3     | 1.80     | 15.00       | 27.00       | 2.41  |
| AGUA                           | m3     | 0.40     | 0.80        | 0.32        | 0.03  |
| ENCOFRADO MADERA (DIA)         | par    | 4.00     | 0.45        | 1.80        | 0.16  |
| ETERNIT                        | u      | 15.00    | 20.00       | 300.00      | 26.77 |
| BLOQUES                        | u      | 600.00   | 0.15        | 90.00       | 8.03  |
| PUERTA DE HIERRO               | u      | 2.00     | 150.00      | 300.00      | 26.77 |
| CANDADO                        | u      | 2.00     | 30.00       | 60.00       | 5.35  |
|                                |        |          |             |             |       |
|                                |        |          |             |             |       |
|                                |        |          |             |             |       |
|                                |        |          |             |             |       |
| <b>PARCIAL O</b>               |        |          |             | 897.12      | 80.05 |

**TRANSPORTE**

| DESCRIPCION      | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA/U | DISTANCIA | COSTO TOTAL | %    |
|------------------|--------|----------|----------|-----------|-------------|------|
|                  |        | A        | B        | C         | D=AxBxC     |      |
|                  |        |          |          |           |             |      |
|                  |        |          |          |           |             |      |
|                  |        |          |          |           |             |      |
| <b>PARCIAL P</b> |        |          |          |           | 0.00        | 0.00 |

|                                      |  |  |  |  |                 |  |
|--------------------------------------|--|--|--|--|-----------------|--|
|                                      |  | <b>TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P):</b>                                |  |  | 1,120.66        |  |
|                                      |  | <b>INDIRECTOS Y UTILIDAD: 15.00%</b>                                     |  |  | 168.10          |  |
|                                      |  | <b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>  |  |  | <b>1,288.76</b> |  |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |  | <b>VALOR PROPUESTO:</b>  |  |  | <b>1,288.76</b> |  |
|                                      |  | <b>SON:</b> MIL DOCIENTOS OCHENTA Y OCHO dolares SETENTA Y SEIS centavos |  |  |                 |  |



**ELABORACION FORMULA POLINÓMICA**

**JUSTIFICATIVO COEFICIENTES DE LA FÓRMULA MATEMÁTICA**

| COD                             | RUBRO  | UNID | CANT.     | COSTOS DIRECTOS |            | Mano de obra |          | Equipos y maquinaria de construcción vial |           | Acero y Hierro |         | Cemento Portland |          | Betún petróleo (Asfalto) |           | Material petreo |           | Material inflamable, Combustibles (Mezcla 5%) |         | Productos geosintéticos |           | Madera aserrada, cepillada y/o |         | Varios |          |
|---------------------------------|--|------|-----------|-----------------|------------|--------------|----------|---|-----------|----------------|---------|------------------|----------|--------------------------|-----------|-----------------|-----------|---|---------|-------------------------|-----------|--------------------------------|---------|--------|----------|
|                                 |  |      |           | C.UNIT          | C.TOT      | C.UNIT       | C.TOT    | C.UNIT                                    | C.TOT     | C.UNIT         | C.TOT   | C.UNIT           | C.TOT    | C.UNIT                   | C.TOT     | C.UNIT          | C.TOT     | C.UNIT  | C.TOT   | C.UNIT                  | C.TOT     | C.UNIT                         | C.TOT   | C.UNIT | C.TOT    |
| <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>    |  |      |           |                 |            |              |          |   |           |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| 1                               | REPLANTEO Y NIVELACIÓN   | km   | 1.3       | 649.90          | 844.87     | 138.00       | 179.40   | 486.90                                    | 632.97    | 5.00           | 6.50    |                  |          |                          |           |                 |           | 6.00  | 7.80    |                         |           | 14.00                          | 18.20   |        |          |
| 2                               | RESADO DE CARPETA ASFALTICA, (INC. DESALOJO DISTANCIA 10 Km)       | m3   | 2746.44   | 17.78           | 48831.70   | 2.4          | 6591.46  | 15.38                                     | 42240.25  |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| 3                               | EXCAVACION SIN CLASIFICAR VIA (EQUIPO PESADO)                      | m3   | 17737.425 | 2.41            | 42747.19   | 0.25         | 4434.36  | 2.16                                      | 38312.84  |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| 4                               | DESALOJO DE MATERIAL CARGADO MECANICO                              | m3   | 21284.91  | 3.66            | 77902.77   | 0.66         | 14048.04 | 3.00                                      | 63854.73  |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| <b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO</b> |  |      |           |                 |            |              |          |   |           |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| 5                               | ACABADO DE OBRA BASICA EXISTENTE (R)                               | m2   | 22887     | 0.58            | 13274.46   | 0.08         | 1830.96  | 0.50                                      | 11443.50  |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| 6                               | SUMINISTRO TENDIDO Y COMPACTACION DE SUB-BASE CLASE I              | m3   | 8010.45   | 21.66           | 173506.35  | 0.53         | 4245.54  | 1.61                                      | 12896.82  |                |         |                  |          | 19.20                    | 153800.64 |                 |           |   |         |                         |           |                                |         | 0.32   | 2563.34  |
| 7                               | SUMINISTRO TENDIDO Y COMPACTACION DE BASE CLASE I (R)              | m3   | 6866.1    | 22.86           | 156959.05  | 0.53         | 3639.03  | 1.61                                      | 11054.42  |                |         |                  |          | 20.40                    | 140068.44 |                 |           |   |         |                         |           |                                |         | 0.32   | 2197.15  |
| 8                               | GEOTEXTIL 2000 NT NO TEJIDO  | m2   | 45777.38  | 2.92            | 133474.75  | 0.15         | 6789.70  | 0.01                                      | 339.49    |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   | 2.76    | 126345.57               |           |                                |         |        |          |
| 9                               | IMPRIMACION ASFALTICA  | m2   | 22887     | 0.75            | 17165.25   | 0.03         | 686.61   | 0.18                                      | 4119.66   |                |         |                  | 0.42     | 9612.54                  |           |                 | 0.12      | 2746.44                                       |         |                         |           |                                |         |        |          |
| 10                              | CARPETA ASFALTICA 03" (TRANS/TENDIDO/COMPACTADO/SELLADO)           | m2   | 22887     | 10.25           | 234582.60  | 0.13         | 3057.70  | 0.61                                      | 14006.84  |                |         |                  | 9.50     | 217518.05                |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| 11                              | EMULSION CSS-1 H PARA RIEGO DE ADHERENCIA                          | Lt   | 27464.4   | 0.66            | 18126.50   | 0.03         | 823.93   | 0.14                                      | 3845.02   |                |         |                  | 0.48     | 13182.91                 |           |                 |           |   |         |                         |           |                                | 0.01    | 274.64 |          |
| 12                              | CARPETA ASFALTICA 02" (TRANS/TENDIDO/COMPACTADO/SELLADO)           | m2   | 22887     | 6.14            | 140526.18  | 0.13         | 2975.31  | 0.61                                      | 13961.07  |                |         |                  | 5.40     | 123589.80                |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| <b>ESTRUCTURAS</b>              |  |      |           |                 |            |              |          |   |           |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| 13                              | 200 mm CERCO/REJILLA H.F 1.00 x 0.60 INC. VAL. KLAPETA (PROVISI    | u    | 14        | 818.07          | 11452.98   | 137.21       | 1920.94  | 22.68                                     | 317.52    | 395.38         | 5535.32 | 91.54            | 1281.56  |                          |           | 36.72           | 514.08    |   |         |                         |           | 69.66                          | 975.24  | 64.88  | 908.32   |
| 14                              | ROTURA BORDILLOS VIAL h=50 cm (R)                                  | m    | 1800      | 3.58            | 6435.36    | 1.74         | 3139.20  | 1.83                                      | 3296.16   |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         | 0.01   | 18.00    |
| 15                              | BORDILLO H.S. f'c=210 Kg/cm2 (H=50, B=20, b=15 cm) V=0.09 m3/m (R) | m    | 1800      | 15.66           | 28188.00   | 6.52         | 11736.00 | 0.80                                      | 1440.00   | 0.33           | 594.00  | 5.94             | 10692.00 |                          |           | 2.06            | 3708.00   |   |         |                         |           |                                |         | 0.01   | 18.00    |
| 16                              | REUBICACION POSTE DE LUZ (EMPRESA ELECTRICA)                       | u    | 30        | 589.06          | 17671.93   | 2.20         | 66.12    | 586.86                                    | 17605.81  |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| 17                              | DE IDENTIFICACION DEL PROYECTO 2.40 X 1.20 m (ESTRUC. METALICA     | u    | 2         | 205.10          | 410.20     | 90.40        | 180.80   | 32.52                                     | 65.04     | 35.96          | 71.92   |                  |          |                          |           |                 | 4.65      | 9.30  |         |                         |           | 8.64                           | 17.28   | 32.93  | 65.86    |
| <b>SEÑALIZACIÓN</b>             |  |      |           |                 |            |              |          |   |           |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| 18                              | MARCA DE PAVIMENTO (CENTRAL SEGMENTADA) ACRILICA 12 cm             | Km   | 1.17      | 270.95          | 317.01     | 14.74        | 17.24    | 48.74                                     | 57.02     |                |         |                  |          |                          |           |                 | 192.50    | 225.23  |         |                         |           |                                |         | 14.98  | 17.52    |
| 19                              | MARCA DE PAVIMENTO (LATERAL CONTINUA) ACRILICA 12 cm               | Km   | 5.064     | 405.37          | 2052.80    | 14.74        | 74.62    | 48.74                                     | 246.80    |                |         |                  |          |                          |           |                 | 278.50    | 1410.32                                       |         |                         |           |                                |         | 63.40  | 321.05   |
| 20                              | TACHA REFLECTIVA BLANCA UNIDIRECCIONAL                             | u    | 303       | 6.15            | 1863.75    | 2.22         | 672.66   | 0.11                                      | 33.63     |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         | 3.82   | 1157.46  |
| 21                              | SEÑALÉTICA VERTICAL  | u    | 36        | 153.85          | 5538.53    | 38.68        | 1392.55  | 11.93                                     | 429.63    | 65.00          | 2340.00 | 10.00            | 360.00   |                          |           | 4.50            | 162.00    | 22.80   | 820.80  |                         |           | 0.90                           | 32.40   | 0.03   | 1.15     |
| 22                              | CONO DE SEÑALIZACION VIAL FLUORESCENTE                             | u    | 50        | 30.04           | 1502.17    | 0.60         | 29.92    | 0.03                                      | 1.50      |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         | 29.42  | 1470.75  |
| 23                              | CERRAMIENTO PROTECCION CON CINTA Y PINGOS                          | m2   | 150       | 2.74            | 410.79     | 1.33         | 199.80   | 0.07                                      | 9.99      |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           | 1.20                           | 180.00  | 0.14   | 21.00    |
| <b>CONTROL AMBIENTAL</b>        |  |      |           |                 |            |              |          |   |           |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         |        |          |
| 24                              | CORTE, DESTRONQUE DE ÁRBOLES Y DESALOJO                            | u    | 118       | 164.86          | 19453.60   | 18.42        | 2173.56  | 108.42                                    | 12793.68  |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         | 38.02  | 4486.36  |
| 25                              | TAR ARBOL 50cm x 50cm x 50cm, INCLUYE PLANTA DE ARRAYANES (P       | u    | 118       | 6.55            | 772.89     | 0.59         | 69.67    | 1.83                                      | 215.88    |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         | 4.13   | 487.34   |
| 26                              | DNSTRUCCIÓN DE CAMPAMENTO, BODEGAS Y OBRAS PROVISIONAL             | gbl  | 1         | 1120.66         | 1120.66    | 205.28       | 205.28   | 18.26                                     | 18.26     | 360.00         | 360.00  | 100.00           | 100.00   |                          |           | 45.00           | 45.00     |   |         |                         |           | 1.80                           | 1.80    | 390.32 | 390.32   |
| 27                              | AGUA PARA CONTROL DE POLVO (TANQUERO) (R)                          | m3   | 180       | 3.84            | 691.82     | 0.39         | 70.02    | 2.35                                      | 423.80    |                |         |                  |          |                          |           |                 |           |   |         |                         |           |                                |         | 1.10   | 198.00   |
|                                 |  |      |           |                 | 1155824.17 |              | 71250.42 |   | 253662.33 |                | 8907.74 |                  | 12433.56 |                          | 363903.30 |                 | 298298.16 |   | 5219.89 |                         | 126345.57 |                                | 1224.92 |        | 14578.27 |