



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PREFACTIBILIDAD DEL NUEVO ACCESO  
HACIA EL PUERTO PESQUERO DEL CANTÓN BALAO, CONSIDERANDO  
LA REUBICACIÓN DE LAS NUEVAS INSTALACIONES PORTUARIAS”**

### **PROYECTO DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

**CATHERINE ADRIANA ARCENTALES ORDÓÑEZ**

**JAIME ALEXIS RIVERA VÉLEZ**

GUAYAQUIL- ECUADOR  
2017

## DEDICATORIA

A Dios por darme sabiduría, paciencia y fortaleza.

A mis padres Gustavo Arcentales y Carmen Ordóñez, por su ánimo y apoyo incondicional.

A mis hermanas Kerlly y Denisse a quienes amo infinitamente.

A cada uno de los amigos que hice a lo largo de la carrera, gracias por su ayuda y por todos los buenos momentos compartidos.

Catherine    Adriana    Arcentales  
Ordóñez

## DEDICATORIA

A mi excelso padre Jaime Rivera, que con su sabiduría y convicción ha sabido guiarme durante todas las etapas de mi vida.

A mi madre Jenny Vélez, con su sacrificio y perseverancia ha sido modelo para alcanzar mis metas.

Mis hermanos Lolita, Isaac y Raiza por siempre estar conmigo; y por el amor brindado de mis abuelos Abdón (+) y Dolores (+).

Jaime Alexis Rivera Vélez

## **AGRADECIMIENTO**

Al ilustre Dr. Luis Castro, alcalde del GAD de Balao, por su presta contribución de información técnica que aportó al desarrollo del proyecto.

Al Sr. Arturo Aguayo, honorable camaronero del sector que nos facilitó el ingreso a los terrenos donde se realizaron los estudios de prefactibilidad.

Docentes y compañeros de la FICT.

Catherine Adriana Arcentales  
Ordóñez.

Jaime Alexis Rivera Vélez.

# **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

**PhD. Hugo Egeuz Alava**  
**DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA**

---

**PhD. Miguel Ángel Chávez Moncayo**  
**DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA**

---

**M.S.c. Luis De Grau Vidal**  
**MIEMBRO EVALUADOR**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

---

**Catherine Adriana Arcentales Ordóñez**

---

**Jaime Alexis Rivera Vélez**

## **RESUMEN**

El presente documento desarrolla como contenido el diseño geométrico y estructural de una nueva ruta de acceso, planteando la proyección del puerto pesquero del Cantón Balao. El lugar en donde se llevará a cabo el estudio presenta un camino lastrado que carece de un diseño técnico de pavimento; éste, es de uso exclusivo de camaroneras y haciendas que se asientan en el sector.

En la actualidad, la única vía de comunicación hacia las instalaciones portuarias involucra una trayectoria que atraviesa diferentes zonas escolares, comerciales y residenciales de la ciudad, generando diversos conflictos a la comunidad.

Este proyecto plantea el diseño del carretero que dirija hacia el puerto pesquero y comercial de la Cabecera Cantonal de Balao, provincia del Guayas; adoptando las disposiciones y regulaciones técnicas establecidas por el MTOP y contempladas NEVI-2012.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN .....	V
DECLARACIÓN EXPRESA .....	VI
RESUMEN .....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS .....	XVII
SIMBOLOGÍA .....	XVIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XXIV
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>30</b>
<b>ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>30</b>
1.1 Descripción general .....	31
1.2 Ubicación del proyecto .....	33
1.3 Objetivos.....	34

1.3.1 Objetivo general .....	34
1.3.2 Objetivos específicos.....	34
1.4 Justificación .....	35
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>39</b>
<b>FACTORES QUE CONDICIONAN EL DISEÑO DE LA VÍA .....</b>	<b>39</b>
2.1 Introducción .....	40
2.2 Estudio topográfico .....	40
2.3 Estudio de tránsito .....	42
2.4 Aforo de tránsito .....	43
2.5 Vehículo de diseño .....	44
2.6 Tráfico promedio diario anual (TPDA) .....	47
2.6.1 Tráfico actual ( $T_a$ ).....	47
2.6.2 Tráfico proyectado ( $T_p$ ).....	48
2.6.3 Tráfico desarrollado ( $T_D$ ) .....	48
2.6.4 Tráfico Desviado ( $T_d$ ).....	49
2.6.5 Tráfico Generado ( $T_g$ ):.....	49
2.7 Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) .....	50
2.8 Clasificación de Carreteras.....	52
2.8.1 Clasificación por Capacidad Funcional en base al TPDA.....	52

2.8.2 Clasificación según del Desempeño de las Carreteras .....	54
2.8.3 Clasificación de Carreteras en función del Tráfico Proyectado, según el MTOP. ....	55
2.9 Velocidad de Diseño .....	56
2.10 Velocidad de Circulación .....	58
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>61</b>
<b>DISEÑO GEOMÉTRICO DEL TRAZADO .....</b>	<b>61</b>
3.1 Alineamiento Horizontal.....	62
3.1.1 Elementos de Alineamiento Horizontal.....	63
3.2 Resumen del Proyecto Horizontal .....	87
3.3 Alineamiento Vertical .....	89
3.3.1 Elementos de Alineamiento Vertical .....	90
3.3.1.1 Gradiente Máxima.....	90
3.3.1.2 Gradiente Mínima.....	91
3.3.1.3 Longitud Crítica de Gradiente .....	92
3.3.1.4 Curvas Verticales .....	94
3.4 Resumen Vertical del Proyecto .....	100
3.5 Relación entre el Alineamiento Horizontal y Vertical .....	102
3.5.1 Formas de buen diseño.....	104

3.5.2 Formas de mal diseño .....	105
3.5.3 Formas de mal diseño y con método de corrección .....	106
3.6 Consideraciones Especiales para Diseño en Zonas Inundables .....	107
3.7 Sección Transversal Típica .....	110
3.7.1 Ancho de Calzada .....	110
3.7.2 Espaldones.....	112
3.7.3 Taludes Interiores.....	115
3.7.4 Cunetas .....	117
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>118</b>
<b>SELECCIÓN DE ALTERNATIVA Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE</b>	
<b>PAVIMENTO.....</b>	<b>118</b>
4.1 Selección de Alternativa de Diseño .....	119
4.1.1 Alternativa 1 .....	119
4.1.2 Alternativa 2 .....	121
4.1.3 Alternativa 3 .....	124
4.1.4 Análisis de Alternativa .....	127
4.2 Geotecnia del suelo .....	129
4.2.1 Estratigrafía del Suelo .....	129
4.3 Estructura del Pavimento Flexible .....	134

4.4 Diseño de Pavimento Flexible .....	154
4.4.1 Determinación de las Cargas Equivalentes Acumuladas en el período de diseño (Wt18) .....	154
4.4.2 Parámetros de Diseño del Pavimento Flexible según AASHTO '93. .....	157
4.4.3 Desarrollo del Pavimento Flexible .....	166
4.5 Diseño de Tierra Armada.....	170
4.5.1 Información de los Componentes del Muro .....	171
4.5.2 Consideraciones de Diseño.....	172
4.6 Fuente de Materiales .....	178
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>180</b>
<b>ESTUDIO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE .....</b>	<b>180</b>
5.1 Sistema de Drenaje Vial .....	181
5.2 Sistema de Drenaje Transversal.....	181
5.3 Diseño de las Alcantarillas de Drenaje .....	181
5.3.1 Área por drenar .....	183
5.3.2 Caudal de Diseño.....	183
5.3.3 Coeficiente de Rugosidad .....	187
5.3.4 Radio hidráulico.....	188

5.3.5 Pendiente de la Alcantarilla .....	188
5.3.6 Dimensiones de las Alcantarillas .....	189
5.4 Resumen de las alcantarillas de drenaje .....	189
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>196</b>
<b>DISEÑO DEL PUENTE .....</b>	<b>196</b>
6.1 Descripción del Sector .....	197
6.2 Estudio de Tráfico .....	198
6.3 Descripción del Puente .....	199
6.3.1 Descripción de la Estructura.....	201
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>209</b>
<b>SEÑALIZACIÓN VIAL .....</b>	<b>209</b>
7.1 Señalización horizontal .....	210
7.1.1 Líneas de separación de flujos opuestos .....	210
7.1.1.1 Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta .	210
7.1.1.2 Doble línea continua (línea de barrera).....	211
7.1.1.3 Doble línea mixta .....	212
7.1.2 Líneas de borde de calzada .....	214
7.2 Señalización vertical .....	215
7.2.1 Señales regulatorias (código R) .....	216

7.2.2 Señales preventivas (código P).....	219
7.2.3 Señales especiales delineadoras (código D).....	223
7.2.4 Señales turísticas y de servicios .....	226
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>228</b>
<b>IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>228</b>
8.1 Resumen del proyecto.....	229
8.2 Objetivos.....	230
8.2.1 Objetivo general .....	230
8.2.2 Objetivos específicos.....	231
8.3 Marco legal .....	231
8.4 Área de influencia del proyecto .....	236
8.4.1 Área de influencia directa (AID).....	236
8.4.2 Área de influencia indirecta (AII) .....	237
8.5 Línea base ambiental .....	238
8.5.1 Descripción del medio físico.....	238
8.5.1.1 Localización .....	238
8.5.1.2 Geología.....	239
8.5.1.3 Geomorfología .....	241
8.5.1.4 Suelo.....	242

8.5.1.5	Uso de suelo .....	243
8.5.1.6	Topografía.....	243
8.5.1.7	Temperatura.....	243
8.5.1.8	Precipitación.....	245
8.5.1.9	Humedad Relativa.....	245
8.5.1.10	Vientos .....	245
8.5.1.11	Nubosidad .....	246
8.5.1.12	Riesgo sísmico.....	246
8.5.1.13	Riesgo de tsunami .....	248
8.5.1.14	Riesgo de inundación.....	249
8.5.2	Descripción del medio biológico .....	249
8.5.2.1	Flora.....	250
8.5.2.2	Fauna .....	251
8.5.3	Descripción del medio sociocultural .....	254
8.5.3.1	Componente social y económico .....	254
8.5.3.2	Componente arqueológico .....	255
8.6	Impactos ambientales.....	256
8.6.1	Impacto ambiental positivo .....	256
8.6.2	Impacto ambiental negativo.....	256

8.7 Valoración y evaluación de los impactos ambientales.....	257
8.8 Plan de manejo ambiental .....	258
8.8.1 Medidas de mitigación.....	259
8.8.2 Medidas compensatorias.....	259
8.8.3 Medidas de prevención .....	259
8.8.4 Medidas de contingencia.....	260
8.9 Conclusiones .....	264
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>265</b>
<b>PRESUPUESTO DE OBRA .....</b>	<b>265</b>
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>274</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>274</b>
CONCLUSIONES .....	275
RECOMENDACIONES.....	280
ANEXOS	
BIBLIOGRAFÍA	

## ABREVIATURAS

NEVI	Normas Ecuatorianas Viales
MTOP	Ministerio de Obras Públicas
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
IGM	Instituto Geográfico Militar
TPDA	Tráfico Promedio Diario Anual
TEE	Total de ejes equivalentes
EE	Ejes equivalentes
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
CBR	California Bearing Ratio

## SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
Km	Kilómetros
m	Metros
cm	Centímetros
mm	Milímetros
ml	Metro lineal
u	Unidad
%	Porcentaje
Kg	Kilogramos
gr	gramos
pulg	Pulgada
T	Toneladas

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Implantación del nuevo acceso al puerto de Balao. ....	34
<b>Figura 1.2</b> Distancia entre Balao y la red Estatal Vial. ....	36
<b>Figura 1.3</b> Actual vía hacia el puerto pesquero del cantón Balao. ....	37
<b>Figura 1.4</b> Problemática de la actual trayectoria hacia el puerto pesquero del cantón Balao. ....	38
<b>Figura 2.1</b> Sector “Hacienda La María”. ....	41
<b>Figura 2.2</b> Ubicación de la actual vía al Puerto de Balao. ....	42
<b>Figura 2.3</b> Carretera seleccionada en base al TPDA. ....	55
<b>Figura 3.1</b> Elementos de la curva circular simple. ....	64
<b>Figura 3.2</b> Elementos de una Clotoide. ....	68
<b>Figura 3.3</b> Estabilidad del vehículo en las curvas. ....	71
<b>Figura 3.4</b> Diagrama de transición del peralte. ....	75
<b>Figura 3.5</b> Transición de Sobre ancho. ....	78
<b>Figura 3.6</b> Etapas de la maniobra para adelantamiento en carreteras de 2 carriles. ....	85
<b>Figura 3.7</b> Elementos de una curva vertical. ....	94
<b>Figura 3.8</b> Favorable combinación del alineamiento horizontal y vertical. .	105

<b>Figura 3.9</b> Desfavorable combinación del alineamiento horizontal y vertical. .....	106
<b>Figura 3.10</b> Soluciones de problemáticas entre alineamientos. ....	107
<b>Figura 3.11</b> Figura. Carretera de mediana capacidad.....	115
<b>Figura 4.1</b> Alternativa 1: Terraplén convencional. ....	119
<b>Figura 4.2</b> Alternativa 1: Líneas de flujo.....	120
<b>Figura 4.3</b> Alternativa 2: Terraplén con sub drenes tipo francés. ....	121
<b>Figura 4.4</b> Alternativa 2: Tubería perforada para sub drenes tipo francés. ....	121
<b>Figura 4.5</b> Alternativa 2: Líneas de flujo.....	122
<b>Figura 4.6</b> Alternativa 2: Sub drenaje tipo francés. ....	122
<b>Figura 4.7</b> Alternativa 3: Refuerzo del suelo .....	124
<b>Figura 4.8</b> Alternativa 3: Comportamiento del .....	124
<b>Figura 4.9</b> Alternativa 3: Terraplén constituido.....	125
<b>Figura 4.10</b> Perfil estratigráfico del suelo del cantón Balao. ....	130
<b>Figura 4.11</b> Curva de distribución granulométrica.....	137
<b>Figura 4.12</b> Densidad seca máxima vs humedad (Sub-base).....	140
<b>Figura 4.13</b> Esfuerzo vs Penetración. ....	142
<b>Figura 4.14</b> Densidad Seca vs C.B.R.....	143
<b>Figura 4.15</b> Curva de distribución granulométrica (Material: canto .....	146
<b>Figura 4.16</b> Contenido de humedad vs Número de golpes .....	147
<b>Figura 4.17</b> Densidad seca máxima vs humedad (Base).....	149
<b>Figura 4.18</b> Curvas granulométricas. ....	154

<b>Figura 4.19</b> Coeficiente estructural .....	163
<b>Figura 4.20</b> Coeficiente estructural para bases.....	164
<b>Figura 4.21</b> Coeficiente estructural para sub-bases.....	165
<b>Figura 4.22</b> Esquema de estructuración de un pavimento .....	168
<b>Figura 4.23</b> Determinación del SN requerido del pavimento flexible.....	168
<b>Figura 4.24</b> Dimensionamiento del Pavimento Flexible. ....	169
<b>Figura 4.25</b> Vehículo Diseño T3 S3. ....	173
<b>Figura 4.26</b> Ubicación del área minera de San Carlos.....	178
<b>Figura 5.1</b> Alcantarilla compuerta en piscinas camaronera.....	182
<b>Figura 5.2</b> Estaciones meteorológicas INAMHI.....	185
<b>Figura 5.3</b> Elementos geométricos en secciones de escurrimiento. ....	188
<b>Figura 5.4</b> Cabezal de Descarga y Muros de Ala (Vista Frontal). ....	190
<b>Figura 5.5</b> Tipo 1: Cabezal de Descarga y Muros de Ala.....	191
<b>Figura 5.6</b> Tipo 1: Cabezal de Descarga y Muros .....	192
<b>Figura 5.7</b> Tipo 2: Cabezal de Descarga y Muros de Ala.....	193
<b>Figura 5.8</b> Tipo 2: Cabezal de Descarga y Muros .....	194
<b>Figura 5.9</b> Cabezal de Descarga (Detalle Estructural). ....	195
<b>Figura 6.1</b> Ubicación del Puente proyectado para el nuevo acceso hacia puerto Balao.....	197
<b>Figura 6.2</b> Ubicación de Puentes sobre el canal artificial.....	198
<b>Figura 6.3</b> Sección Transversal de los Canales .....	199
<b>Figura 6.4</b> Sección Transversal del Tablero.....	203

<b>Figura 6.5</b> Barrera New Jersey. ....	203
<b>Figura 6.6</b> Sección Transversal de Junta Neoflex.....	204
<b>Figura 6.7</b> Junta Neoflex. ....	205
<b>Figura 6.8</b> Sección de Viga I tipo V. ....	206
<b>Figura 6.9</b> Placa de Neopreno. ....	207
<b>Figura 6.10</b> Esquema de Estribo.....	208
<b>Figura 7.1</b> Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta.....	211
<b>Figura 7.2</b> Doble línea continua (línea de barrera).....	212
<b>Figura 7.3</b> Doble línea mixta: continua y segmentada. ....	213
<b>Figura 7.4</b> Líneas de separación mixtas. ....	213
<b>Figura 7.5</b> Líneas continuas de borde, con espaldón o berma. ....	214
<b>Figura 7.6</b> Ejemplo de Señalización Vertical – Zona Rural. ....	215
<b>Figura 7.7</b> Orientación de las señales.....	216
<b>Figura 7.8</b> R1-2 CEDA EL PASO.....	217
<b>Figura 7.9</b> R2-13 NO REBASAR.....	217
<b>Figura 7.10</b> R4-1 LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD.....	218
<b>Figura 7.11</b> R4-7 Peso máximo.....	219
<b>Figura 7.12</b> P1-2 CURVA ABIERTA.....	220
<b>Figura 7.13</b> P1-4 Curva y contra curva abierta.....	221
<b>Figura 7.14</b> P2-5 EMPALME LATERAL EN CURVA.....	221
<b>Figura 7.15</b> P2-14 VÍA LATERAL EN CURVA. ....	222
<b>Figura 7.16</b> R4-1 “PUENTE ANGOSTO”. ....	222

<b>Figura 7.17</b> P7-1 KILÓMETROS/HORA.....	223
<b>Figura 7.18</b> D6-2 “ALINEAMIENTO HORIZONTAL. ....	224
<b>Figura 7.19</b> Dimensiones para la colocación del Alineamiento Horizontal (con berma). ....	225
<b>Figura 7.20</b> Ubicación longitudinal de los delineadores de curva horizontal. ....	226
<b>Figura 7.21</b> IS4-31 “PUERTO MARÍTIMO”. ....	227
<b>Figura 8.1</b> Área de Influencia Directa (AID). ....	237
<b>Figura 8.2</b> Área de Influencia Indirecta (AII).....	238
<b>Figura 8.3</b> Mapa Geológico de Ecuador.....	240
<b>Figura 8.4</b> Mapa Geomorfológico del Ecuador.....	242
<b>Figura 8.5</b> Mapa de Isotermas Anual. ....	244
<b>Figura 8.6</b> Mapa de nivel de amenaza sísmica por cantón en el Ecuador. ....	247
<b>Figura 8.7</b> Mapa de nivel de amenaza por tsunami por cantón en el Ecuador. ....	248
<b>Figura 8.8</b> Mapa del nivel de amenaza por inundación por cantón en el Ecuador. ....	249

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> Coordenadas de inicio y fin del alineamiento .....	33
<b>Tabla II.</b> Conteo Vehicular Diario.....	43
<b>Tabla III.</b> Resumen del Aforo Vehicular Diario.....	44
<b>Tabla IV.</b> Características por Tipos de Vehículos.....	45
<b>Tabla V.</b> Equivalencias de Vehículo Diseño .....	46
<b>Tabla VI.</b> Cálculo del Total de Vehículos de Diseño.....	46
<b>Tabla VII.</b> Tasas de Crecimiento Vehicular (i%). .....	50
<b>Tabla VIII.</b> Cálculo del Tráfico Proyectado (20 años). .....	51
<b>Tabla IX.</b> Cálculo del Tráfico Desarrollado (20 años). .....	51
<b>Tabla X.</b> Clasificación Funcional de las Vías en Base al TPDAd.....	54
<b>Tabla XI.</b> Clasificación de Carreteras en Función del Tráfico Proyectado....	55
<b>Tabla XII.</b> Relación de la Velocidad de Operación Con la Velocidad de Diseño para Carreteras de 2 Carriles. ....	60
<b>Tabla XIII.</b> Elementos de la Curva Circular Simple.....	67
<b>Tabla XIV.</b> Longitudes de Espiral y Radio de Curva Mínimos en Función de la Velocidad de Diseño. ....	70
<b>Tabla XV.</b> Peraltes Máximos de Curvatura.....	73

<b>Tabla XVI.</b> Gradiente Longitudinal (i) necesaria para el desarrollo del peralte. .....	74
<b>Tabla XVII.</b> Sobreancho de la Calzada en Curvas Circulares. ....	77
<b>Tabla XVIII.</b> Distancias de Visibilidad de Parada Mínimas en función del terreno. ....	81
<b>Tabla XIX.</b> Distancias de Visibilidad de Parada Mínimas en función de la pendiente. ....	82
<b>Tabla XX.</b> Distancias de Visibilidad de Parada Mínimas en función de la decisión para evitar la maniobra. ....	82
<b>Tabla XXI.</b> Parámetros y Componentes de la distancia de adelantamiento. ....	85
<b>Tabla XXII.</b> Resumen de Curvas del Alineamiento Horizontal. ....	87
<b>Tabla XXIII.</b> Resumen de Espirales del Alineamiento Horizontal. ....	87
<b>Tabla XXIV.</b> Cuadro de Peraltes, Sobre anchos y Longitudes X, Le para el desarrollo de Carretera de 2 carriles, ancho de vía 7.30 m. ....	88
<b>Tabla XXV.</b> Pendientes Longitudinales Máximas. ....	91
<b>Tabla XXVI.</b> Gradientes y Longitudes máximas. ....	93
<b>Tabla XXVII.</b> Índice K para el cálculo de curvas verticales convexas. ....	96
<b>Tabla XXVIII.</b> Índice K para el cálculo de ..... .....	98
<b>Tabla XXIX.</b> Resumen de curvas verticales del proyecto. ....	100
<b>Tabla XXXIII.</b> Ancho de Calzada para Carreteras. ....	111
<b>Tabla XXXIV.</b> Gradiente Transversal de la Capa de Rodadura. ....	112
<b>Tabla XXXV.</b> Dimensiones de Espaldones de Carreteras. ....	114

<b>Tabla XXXVI.</b> Gradientes Transversales para Espaldones. ....	114
<b>Tabla XXXVII.</b> Valores de Diseño Recomendables de los Taludes en Terrenos Planos.....	116
<b>Tabla XXXVIII.</b> Criterios para la selección de alternativa. ....	127
<b>Tabla XXXIX.</b> Cuadro resumen del estudio geotécnico (Escuela del milenio cantón Balao).....	132
<b>Tabla XL.</b> Cuadro resumen del estudio geotécnico (Cimentación de una torre). ....	132
<b>Tabla XLI.</b> Parámetros del mejoramiento de la sub rasante.....	135
<b>Tabla XLII.</b> Porcentaje en peso que pasa a través de los .....	136
<b>Tabla XLIII.</b> Análisis granulométrico (Material: canto rodado con.....	136
<b>Tabla XLIV.</b> Clasificación del suelo. ....	138
<b>Tabla XLV.</b> Límites de Atterberg. ....	138
<b>Tabla XLVI.</b> Determinación del contenido de humedad y densidad. ....	139
<b>Tabla XLVII.</b> Datos de densidades húmedas. ....	141
<b>Tabla XLVIII.</b> Datos de contenido de humedad. ....	141
<b>Tabla XLIX.</b> Datos de esponjamiento (Hinchamiento).....	141
<b>Tabla L.</b> Datos del C.B.R.....	142
<b>Tabla LI.</b> Recomendaciones para uso de material de base. ....	144
<b>Tabla LII.</b> Porcentaje en peso que pasa a través de .....	144
<b>Tabla LIII.</b> Análisis granulométrico (Material: Canto rodado con arena).....	145
<b>Tabla LIV.</b> Clasificación del suelo.....	146

<b>Tabla LV.</b> Límites de Atterberg.....	147
<b>Tabla LVI.</b> Determinación del contenido de humedad y densidad.....	148
<b>Tabla LIV.</b> Requerimientos para agregados gruesos. ....	150
<b>Tabla LV.</b> Requerimientos para Agregados Finos.....	150
<b>Tabla LVI.</b> Requerimientos para Caras Fracturadas .....	151
<b>Tabla LVII.</b> Requerimientos del equivalente de arena.....	151
<b>Tabla LVIII.</b> Parámetros de los componentes del hormigón asfáltico.....	151
<b>Tabla LIX.</b> Cuadro para calcular los porcentajes de tipos de agregados. ..	153
<b>Tabla LX.</b> TPDA total por vehículo anual. ....	155
<b>Tabla LXI.</b> Factores de equivalencia para diferentes .....	156
<b>Tabla LXII.</b> Cálculo de Cargas Equivalentes Acumuladas en el período de diseño. ....	157
<b>Tabla LXIII.</b> Niveles Recomendados de Confiabilidad (R).....	158
<b>Tabla LXIV.</b> Valores de en la curva .....	159
<b>Tabla LXV.</b> Valores Recomendados para la .....	160
<b>Tabla LXVI.</b> Correlaciones del WinPAS para estimar el.....	160
<b>Tabla LXVII.</b> Correlaciones del WinPAS para estimar el Módulo de Resiliencia de la Base y Sub-base.....	161
<b>Tabla LXVIII.</b> Índice de serviciabilidad.....	162
<b>Tabla LXIX.</b> Valores recomendados del coeficiente de ajuste (m) para los coeficientes estructurales de las capas de base y/o sub-bases no-tratadas. .....	165

<b>Tabla LXX.</b> Espesores mínimos sugeridos.....	166
<b>Tabla LXXI.</b> Datos empleados para el dimensionamiento del pavimento flexible.....	166
<b>Tabla LXXII.</b> Resumen de las capas del pavimento.....	170
<b>Tabla LXXVI.</b> Características y propiedades de los materiales.....	171
<b>Tabla LXXVII.</b> Parámetros de la Sub-Base Clase 3.....	179
<b>Tabla LXXVIII.</b> Parámetros de la Base Clase 3.....	179
<b>Tabla LXXIX.</b> Área por drenar de cada piscina.....	183
<b>Tabla LXXX.</b> Información de la estación meteorológica INAMHI.....	184
<b>Tabla LXXXI.</b> Valores pluviométricos (mm) 2011.....	185
<b>Tabla LXXXII.</b> Caudal de descarga del agua lluvia.....	186
<b>Tabla LXXXIII.</b> Caudal de descarga del agua de piscina.....	187
<b>Tabla LXXXIV.</b> Coeficientes de rugosidad para materiales usados en alcantarillas.....	187
<b>Tabla LXXXV.</b> Resumen de las alcantarillas de drenaje.....	189
<b>Tabla LXXXVI.</b> Descripción del puente.....	200
<b>Tabla LXXXVII.</b> Cargas permanentes.....	201
<b>Tabla LXXXVIII.</b> Cargas vivas.....	201
<b>Tabla LXXXVI.</b> Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada.....	211
<b>Tabla LXXXVII.</b> Dimensiones de las señales preventivas.....	219
<b>Tabla LXXXVIII.</b> Espaciamiento máximo de delineadores.....	225

<b>Tabla LXXXIX.</b> Datos de la Estación meteorológica M0185 Machala. ....	246
<b>Tabla XC.</b> Flora presente en el área del proyecto. ....	250
<b>Tabla XCI.</b> Fauna presente en el área del proyecto. ....	252
<b>Tabla XCII.</b> Indicador económico.....	255
<b>Tabla XCIII.</b> Plan de manejo ambiental etapas de construcción y operación de la obra vial.....	261
<b>Tabla XCVII.</b> Presupuesto de obra. ....	266
<b>Tabla XCVIII.</b> Presupuesto vial.....	267
<b>Tabla XCIX.</b> Presupuesto puente. ....	271

# **CAPÍTULO 1**

## **ASPECTOS GENERALES**

## 1.1 Descripción general

Esta investigación busca promover el desarrollo económico del cantón Balao, así como de parroquias aledañas, fortaleciendo las rutas de interconexión terrestres y marítimas para la ágil comercialización de mercancías y el impulso del campo pesquero, acuícola y agropecuario; incidiendo en el beneficio directo e indirecto de los sectores sociales, así como de la empresa privada de la localidad.

Se presenta 3 alternativas de sección típica para carretero, las cuales serán evaluadas por su rigor técnico, económico, logístico, viabilidad topográfica e hidrográfica, impacto social y ambiental, relación costo-beneficio; acogiendo finalmente como el diseño más favorable aquel que se proyecte a ser más efectivo ante los criterios, procedimientos y metodologías que se deben cumplir en los proyectos viales, así como para asegurar la calidad y durabilidad de la vía para su periodo de diseño.

Para conllevar el estudio ingenieril, en primera instancia se realizó un reconocimiento del sector pudiendo constatar la presencia de extensas hectáreas de haciendas de sembríos y piscinas destinadas a la producción y cosecha de camarón, junto a sus respectivos canales de evacuación y sistemas de distribución de agua.

La segunda visita se aprovechó para adquirir muestras de suelo y posteriormente hacer una caracterización del material que se haya in situ, realizarle los ensayos de Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor y CBR para constatar las condiciones mecánicas del suelo; estos estudios se desarrollaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Rocas y Materiales de la Facultad de Ciencias de la Tierra, perteneciente a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

En una tercera etapa se llevó a cabo el levantamiento topográfico empleando instrumentos geodésicos de alta precisión tales como Estación Total y GPS diferencial de marca Sokkia y Trimble respectivamente, tomando puntos de control, de cambio y de las características del terreno natural, así como de las condiciones hidrográficas de la franja de estudio.

La cuarta fase involucró el desarrollo del aforo de tránsito vehicular en la actual ruta hacia el Puerto de Balao, definiendo una proyección de volumen de tráfico para un periodo de servicio y estimando el TPDA que constituye la capacidad funcional para el diseño geométrico y estructural del carretero.

Partiendo de esta información de campo recopilada, se procede a realizar todos los cálculos y procedimientos técnicos de diseño de una Obra Vial

con el fin desarrollar un modelado en el programa de Autodesk CIVIL CAD; acogiendo las recomendaciones que establece la AAHSTO 2012 para la implementación de un puente y las normativas definidas en el MTOP para el drenaje Vial.

## 1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en el cantón Balao, al sur de la provincia del Guayas; y comunica al Canal de Jambelí con el corredor vial primario E25. Conecta por vía terrestre a la parroquia San Carlos, el recinto Sta. Rita y la cabecera cantonal de Balao; mientras por medio fluvial al puerto de Balao con la isla Puná.

La tabla a continuación presenta las coordenadas de ubicación del proyecto:

**Tabla I.** Coordenadas de inicio y fin del alineamiento horizontal.

<b>Abscisa</b>	<b>Coordenada Este</b>	<b>Coordenada Norte</b>
<b>0 + 000</b>	632377.07	9679244.27
<b>3+ 656</b>	629410.43	9680618.09

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



**Figura 1.1** Implantación del nuevo acceso al puerto de Balao.  
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo general

El objetivo del proyecto se enfoca en resolver las condiciones caóticas de tráfico que actualmente sobrelleva la población de Balao, mediante la implementación de un nuevo carretero que dirija hacia el puerto pesquero del cantón.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar las condiciones topográficas e hidrográficas del sector.

- Ensayar muestras de suelo para estimar parámetros de caracterización y condiciones mecánicas del terreno.
- Realizar el levantamiento topográfico de la franja de estudio.
- Efectuar el aforo de tránsito para el nuevo acceso al puerto.
- Definir el tipo de vía en base a la capacidad funcional del TPDA<sub>d</sub>.
- Establecer la sección típica de la carretera.
- Modelar el diseño geométrico de la obra vial utilizando el software CIVIL CAD.
- Proponer las alternativas de sub drenaje de la vía y elegir el método a desarrollar.
- Pre diseñar el puente que dará continuidad al trazado del carretero.
- Implementar las obras de drenaje de las piscinas camaroneras que involucran el proyecto.
- Calcular el presupuesto para la ejecución del proyecto vial.
- Presentar el Estudio de Impacto Ambiental para la etapa de construcción del proyecto.

#### **1.4 Justificación**

El Cantón Balao es una localidad de 20,523 habitantes (INEC 2010) cuyo sector productivo está representado por las actividades pesqueras,

acuícolas, agropecuarias y al comercio en general. La ubicación geográfica de la Cabecera Cantonal ha incidido que su desarrollo urbano y económico sea relativamente menor respecto a otras poblaciones, ya que se encuentra a 13 Km distante de la red Estatal Vial y su principal carretero de acceso es la ruta desde la Parroquia San Carlos que se enlaza con el corredor E25.



**Figura 1.2** Distancia entre Balao y la red Estatal Vial.  
**Fuente:** Google Earth, Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

La implementación de instalaciones portuarias adecuadas implicaría un gran impulso al crecimiento de los sectores productivos de la ciudad, ya que la conexión multilateral del océano pacífico, el medio fluvial y terrestre crean polos de desarrollo para cualquier hábitat.

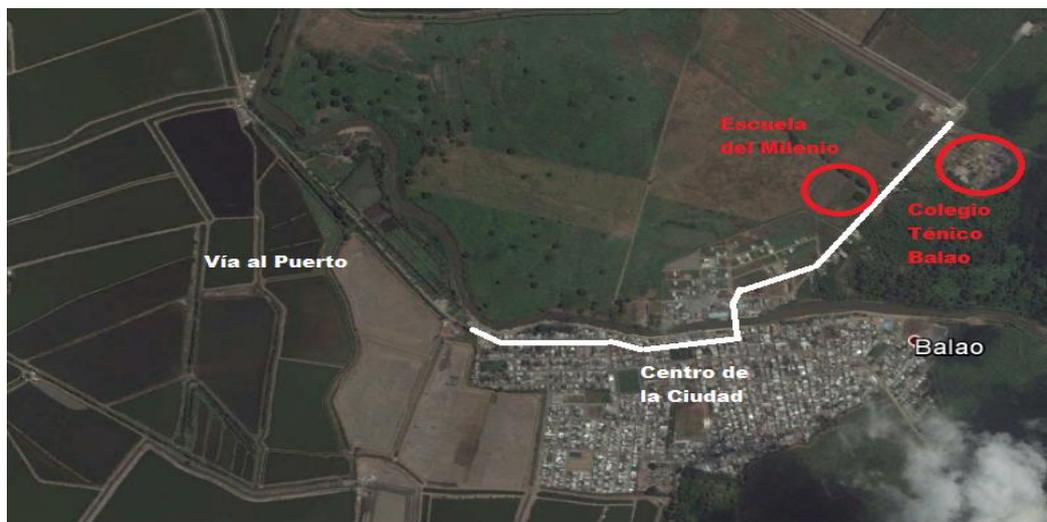
Actualmente, la única vía terrestre de acceso hacia el Puerto consiste en una ruta de 2.5 Km longitud constituida de lastre, la cual se encuentra en un nivel de servicio muy bajo ya que en su capa de rodadura destacan

gravas pobremente graduadas debido al lavado de finos que ha tenido con el pasar de los años. Cabe destacar que en épocas de invierno existen tramos con problemas de inundaciones debido a la falta de obras de drenaje y sub-drenaje así como la carencia de un diseño técnico de una estructura de pavimento y terraplén adecuado.



**Figura 1.3** Actual vía hacia el puerto pesquero del cantón Balao.  
**Fuente:** Google Earth, Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

Finalmente, la vigente trayectoria al puerto involucra tramos de influencia escolar, donde destacan el Colegio Técnico Balao y próximamente una Escuela de Milenio; locales comerciales con alta presencia de peatones y zonas residenciales donde circulan infantes sin supervisión de adultos. Otro escenario que marca problemática son las estrechas calles del centro de la urbe, las cuales dificultan el radio de giro y circulación de los vehículos de carga y maquinaria.



**Figura 1.4** Problemática de la actual trayectoria hacia el puerto pesquero del cantón Balao.

**Fuente:** Google Earth, Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

Por esta diversidad de situaciones surge la necesidad de implementar una nueva ruta que desvíe el flujo de vehículos pesados que se dirigen hacia el puerto de Balao, para que los conductores no se vean obligados a atravesar por sectores residenciales y comerciales de gran incidencia de peatones.

# **CAPÍTULO 2**

## **FACTORES QUE CONDICIONAN EL DISEÑO DE LA VÍA**

## **2.1 Introducción**

Los parámetros más importantes para el Diseño Geométrico y la localización de una carretera se encuentran definidos por:

- a) Las características del terreno como: la topografía o conformación de la superficie terrestre, las características físicas y geológicas, y los usos del terreno en el área que atraviesa la vía.
- b) El volumen del tránsito, las características de los vehículos y la velocidad de diseño. Estas son características que permiten clasificar en función del tipo y jerarquía de la carretera, es decir, controlan el Diseño Geométrico.

## **2.2 Estudio topográfico**

Para levantar la franja topográfica del proyecto se emplearon instrumentos geodésicos de alta precisión que consistieron en una Estación Total y GPS diferencial de marcas Sokkia y Trimble respectivamente. Además, se complementó con información para el estudio, la cartografía de Tenguel (serie J721) a escala 1:50000, adquirida en el IGM.

Las características topográficas del terreno son de relevancia importancia para el desarrollo del diseño geométrico del carretero, lográndose identificar que en el sector se haya una pendiente natural del 0-2% que recorre de este a oeste, correspondiente a un terreno plano con desnivel relativo de 0-5m. Las cotas del terreno oscilan entre 7 y 11 msnm (IGM).



**Figura 2.1** Sector “Hacienda La María”.

**Fuente:** IEE, 2013.

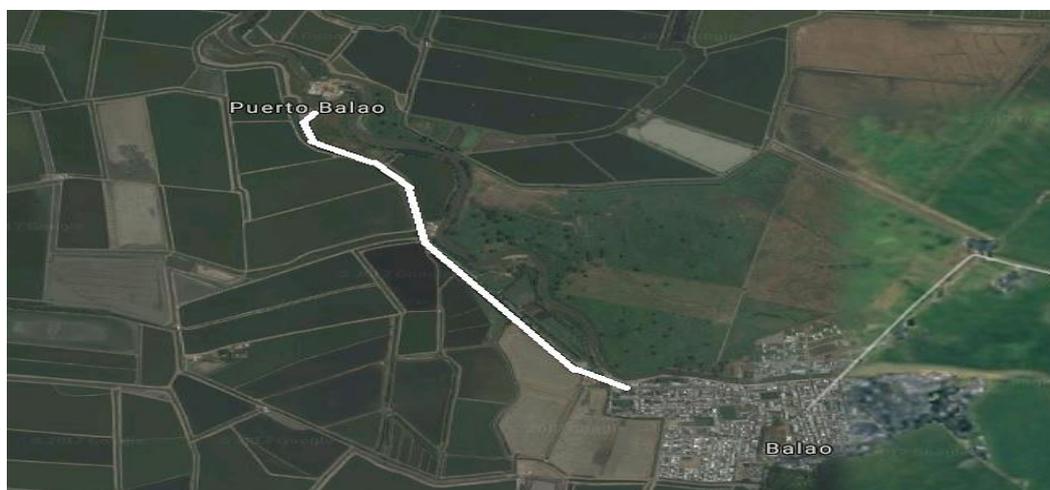
Mediante el software de Autodesk Civil CAD, se elaboró un plano topográfico con un intervalo de curvas de nivel principal de 1 metro y curvas suplementarias a 0.5 metros. Este procesamiento de información fue el pilar para desarrollar el modelado de la superficie del sector correspondiente a la franja topográfica.

Se define que la topografía del estudio es relativamente plana sin pendientes pronunciadas ni destacadas elevaciones, asentada sobre una planicie aluvial costera. El reconocimiento de campo nos permitió identificar durante todo el recorrido la presencia de canales y compuertas que son empleadas para la redistribución de agua de las piscinas camaroneras y que el principal curso de agua es el Río Balao. Estas

condiciones nos conllevarán a diseñar una vía donde se considere de primordial importancia el embalse de agua.

### 2.3 Estudio de tránsito

La capacidad de tránsito para el periodo de diseño de la vía debe involucrar el actual flujo vehicular hacia el puerto, proyectado a un pronóstico de tránsito a futuro; ya que este parámetro afecta directamente las características geométricas del corredor vial.



**Figura 2.2** Ubicación de la actual vía al Puerto de Balao.  
**Fuente:** Google Earth, Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

## 2.4 Aforo de tránsito

El conteo de tráfico se realizó de forma manual durante 3 días (martes, jueves, viernes), y se llevó a cabo en la entrada del actual camino de lastre que conduce hacia el puerto del cantón Balao; en el cual sólo existe una intersección para la entrada y salida de vehículos. Se consideró el tipo de vehículo y el doble sentido de circulación de la vía para determinar el volumen total de tráfico.

**Tabla II.** Conteo Vehicular Diario.

<b>Hora</b>	<b>Motocicletas</b>	<b>Livianos</b>	<b>Camiones (C2)</b>
06:00-07:00	62	10	7
07:00-08:00	36	29	7
08:00-09:00	43	26	5
09:00-10:00	49	23	4
10:00-11:00	38	22	6
11:00-12:00	38	14	9
12:00-13:00	27	9	5
13:00-14:00	58	6	3
14:00-15:00	60	11	7
15:00-16:00	27	12	1
16:00-17:00	30	4	0
17:00-18:00	10	5	1
Total	478	171	55

**Fuente:** Arcenales, C., Rivera, J., 2017.

Cabe recalcar que a partir de las 18:00 horas el tránsito por la vía es prácticamente nulo.

**Tabla III.** Resumen del Aforo Vehicular Diario.

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Cantidad</b>
Motocicletas	478
Livianos	171
Camiones (C2)	55

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

## 2.5 Vehículo de diseño

La NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12 define al vehículo de diseño como un tipo de vehículo cuyos peso, dimensiones y características de operación se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado. Para la construcción de una carretera es necesario conocer las dimensiones de los vehículos, ya que son útiles para el diseño de intersecciones, retornos, círculos de tráfico, intercambiadores, etc.

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas considera varios tipos de vehículos de diseño, similarmente equivalentes a los de la AASHTO, clasificándolos por letras como se muestran a continuación:

- Vehículo liviano(A): A1 usualmente para motocicletas, A2 para automóviles.
- Buses y busetas (B), que sirven para transportar pasajeros en forma masiva.
- Camiones (C) para el transporte de carga, que pueden ser de dos ejes (C-1), camiones o tracto-camiones de tres ejes (C-2) y también de cuatro, cinco o más ejes (C-3).
- Remolques (R), con uno o dos ejes verticales de giro y una unidad completamente remolcada, tipo tráiler o tipo Dolly.

Con propósitos de diseño geométrico, el vehículo de diseño posee dimensiones y radio mínimo de giro superiores a la mayoría de los vehículos de su clase. A continuación, se presentan las características de estos vehículos.

**Tabla IV.** Características por Tipos de Vehículos.

<b>Vehículo de diseño</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>R</b>
Altura máxima (m)	2.40	4.10	4.10	4.30
Longitud máxima (m)	5.80	13.00	20.00	>20.50*
Anchura máxima (m)	2.10	2.60	2.60	3.00
Radios mínimos de giro (m)				
Rueda interna	4.70	8.70	10.00	12.00
Rueda externa	7.50	12.80	16.00	20.00
Esquina externa delantera	7.90	13.40	16.00	20.00

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Debido a la variada composición del tráfico en el proyecto, se emplearán factores de conversión para transformar el tránsito a un vehículo de diseño.

**Tabla V.** Equivalencias de Vehículo Diseño

<b>Tipos de vehículos</b>	<b>Factor de conversión</b>
Livianos	1
Motocicletas	0.5
Buses pesados con capacidad de carga en kg:	
Hasta 2 000	1.5
5 000	2
8 000	2.5
14 000	3.5
Mayor a 14 000	4.5

**Fuente:** MTOP, Normas de diseño geométrico, 2003.

A continuación, se presenta el cálculo de la conversión del tránsito variado al vehículo de diseño.

**Tabla VI.** Cálculo del Total de Vehículos de Diseño.

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Factor de conversión</b>	<b>Vehículo de diseño</b>
Liviano	171	1	171
Motocicletas	478	0.5	239
Camión (C2)	55	2	110
Total de vehículos de diseño =			520

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

## 2.6 Tráfico promedio diario anual (TPDA)

La NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12, define al TPDA como la representación del tránsito total que circula por la carretera durante un año dividido por 365, es decir, es el volumen de tránsito promedio por día. El TPDA se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{TPDA} = T_p + T_D + T_d + T_g \quad [\text{Ec. 2.1}]$$

Donde:

$T_p$  = tráfico proyectado

$T_D$  = tráfico desarrollado

$T_d$  = tráfico desviado

$T_g$  = tráfico generado

### 2.6.1 Tráfico actual ( $T_a$ )

Es el volumen de tránsito que tiene la vía antes de ser mejorada o en el momento en que esta se pone en servicio. En caso de una carretera nueva, el tráfico actual es el tráfico atraído, ya que el proyecto atraerá tránsito de otras vías existentes cuando esté construido y ofrecerá más ventajas a los usuarios por encima de las otras vías existentes.

### 2.6.2 Tráfico proyectado ( $T_p$ )

Consiste en el tránsito usuarios que se estima. Sus volúmenes de tránsito dependerán del tránsito actual, la tasa de crecimiento vehicular y el período seleccionado para el diseño, que puede ser entre 20 a 50 años.

$$T_p = T_a * (1 + i)^n \quad [\text{Ec. 2.2}]$$

Donde:

$i$  = tasa de crecimiento

$n$  = año de proyección

### 2.6.3 Tráfico desarrollado ( $T_D$ )

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. Generalmente se considera su efecto a partir de la incorporación de la carretera.

$$T_D = T_a * (1 + i)^{n-3} \quad [\text{Ec. 2.3}]$$

Donde:

$i$  = tasa de crecimiento

n = año de proyección

#### 2.6.4 Tráfico Desviado ( $T_d$ )

Es el tráfico atraído desde otras carreteras, una vez que entre en servicio la vía, por razón de ahorro de tiempo, distancia o costo.

$$T_d = 0.20 * (T_p + T_D) \quad [\text{Ec. 2.4}]$$

Donde:

$T_p$  = tráfico proyectado

$T_D$  = tráfico desarrollado

#### 2.6.5 Tráfico Generado ( $T_g$ ):

Es el tráfico que circulara en el tramo en función de las mejoras a las condiciones de transporte. Generalmente, el tráfico generado se produce dentro de los dos años siguientes a la terminación de las mejoras o construcción de una carretera.

$$T_g = 0.25 * (T_p + T_D) \quad [\text{Ec. 2.5}]$$

Donde:

$T_p$  = tráfico proyectado

$T_D$  = tráfico desarrollado

## 2.7 Determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

### Tráfico Actual

De la tabla VI, se obtiene el total de vehículos que circulan por la actual vía en un día de aforo.

$T_a = 520$  veh/día.

Para el cálculo del tráfico proyectado y desarrollado, se hizo uso de la tabla VII que corresponde a la Tasa de Crecimiento Anual de tráfico vehicular de la provincia del Guayas, información proporcionada por el departamento de factibilidad MOP.

**Tabla VII.** Tasas de Crecimiento Vehicular (i%).

	<b>Periodo</b>	<b>Livianos</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>
<b>Guayas</b>	2015-2020	5.56	3.00	3.33
	2020-2025	4.95	2.67	2.96
	2025-2030	4.45	2.40	2.67
	2030-2035	4.04	2.18	2.43
	2035-2040	4.04	2.18	2.43

**Fuente:** Departamento de factibilidad MOP.

Adicionalmente, el período de diseño que se establece para la nueva vía tendrá un término de vida útil de 20 años.

### Tráfico Proyectado

$$T_p = T_a * (1 + i)^n \quad [\text{Ec. 2.2}]$$

$$T_p = 1\,278 \text{ veh/día.}$$

**Tabla VIII.** Cálculo del Tráfico Proyectado (20 años).

Ta	Años	n	Livianos
520	2015-2020	3	611.6
	2020-2025	5	778.8
	2025-2030	5	968.2
	2030-2035	5	1180.2
	2035-2040	2	1277.5

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### Tráfico Desarrollado

$$T_D = T_a * (1 + i)^{n-3} \quad [\text{Ec. 2.3}]$$

$$T_D = 650 \text{ veh/día}$$

**Tabla IX.** Cálculo del Tráfico Desarrollado (20 años).

Ta	Años	n	Livianos
520	2015-2020	3	520.0
	2020-2025	5	572.8
	2025-2030	5	624.9
	2030-2035	5	676.4
	2035-2040	2	650.1

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017

### Tráfico Desviado

$$T_d = 0.20 * (T_p + T_D) \quad [\text{Ec. 2.4}]$$

$$T_d = 0.20 (1\,278 + 650)$$

$$T_d = 386 \text{ veh/día}$$

### **Tráfico Generado**

$$T_g = 0.25 \cdot (T_p + T_D) \quad [\text{Ec. 2.5}]$$

$$T_g = 0.25 (1\,278 + 650)$$

$$T_g = 482 \text{ veh/día}$$

### **Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)**

$$\text{TPDA} = T_p + T_D + T_d + T_g \quad [\text{Ec. 2.1}]$$

$$\text{TPDA} = 1\,278 + 650 + 386 + 482$$

$$\text{TPDA} = 2\,796 \text{ veh/día}$$

## **2.8 Clasificación de Carreteras**

### **2.8.1 Clasificación por Capacidad Funcional en base al TPDA**

Con el objetivo de mejorar los estándares de calidad y elevar la seguridad vial en el país, se han utilizado datos de tráfico y estudios estadísticos de accidentes y del parque automotor en el 2012; con lo cual el MTOP sugiere emplear la clasificación mostrada en la tabla X.

En esta nueva clasificación considera un TPDA<sub>d</sub> para el año horizonte definido como:

TPDA<sub>d</sub>: Año de inicio de estudios + Años de Licitación, Construcción + Años de Operación.

Los años de operación (n), se establecen como el tiempo comprendido desde la inauguración del proyecto hasta el término de su vida útil, considerando:

Proyectos de rehabilitación y mejoras.....n=20 años.

Proyectos especiales de nuevas vías.....n=30 años.

Megaproyectos Nacionales.....n=50 años.

Con los cual, TPDD<sub>d</sub>=TPDA

**Tabla X.** Clasificación Funcional de las Vías en Base al TPDA<sub>d</sub>.

Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA <sub>d</sub> ) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

**Fuente:** NEVI-12, Normativa Ecuatoriana Vial, 2012.

Donde:

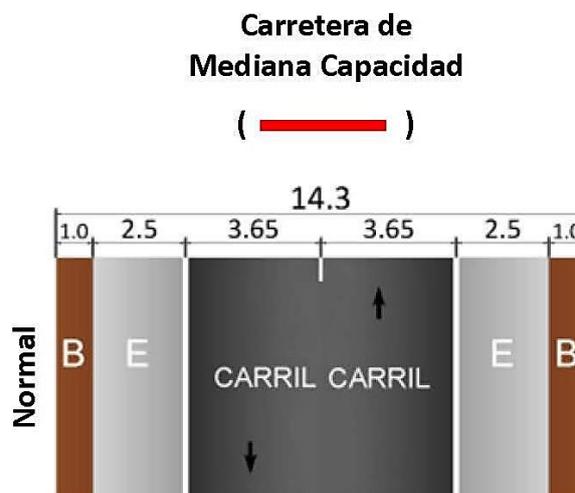
*C1: Equivalente a Carretera de Mediana Capacidad.*

*C2: Equivalente a Carretera convencional básica y camino básico.*

*C2: Camino Agrícola/ forestal.*

### 2.8.2 Clasificación según del Desempeño de las Carreteras

De acuerdo con el Plan Estratégico de Movilidad PEM, por su desempeño se clasifican en:



*Velocidad de proyecto: 100 km/h*

*Pendiente máxima: 8%*

**Figura 2.3** Carretera seleccionada en base al TPDA.

**Fuente:** NEVI-12, Normativa Ecuatoriana Vial, 2012.

### 2.8.3 Clasificación de Carreteras en función del Tráfico Proyectado, según el MTOP.

**Tabla XI.** Clasificación de Carreteras en Función del Tráfico Proyectado.

Clase de carretera	Tráfico Proyectado TPDA*
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

\*El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

Nuestra vía se diseñará con un TPDA de 2 796 vehículos/día, para un periodo de servicio de 20 años. El MTOP la clasifica como una vía Colectora de clase II, y según la NEVI como una carretera de dos carriles de mediana capacidad (C1).

En el siguiente capítulo se definirá las velocidades de Diseño y pendiente máxima seleccionadas para el Proyecto basadas en las normativas establecidas por el NEVI-2012 y el MTOP-2003.

## **2.9 Velocidad de Diseño**

La velocidad es uno de los factores fundamentales en el diseño de todo proyecto vial, ya que de ella se deriva el tiempo que se gasta para la movilidad de un sitio a otro. La velocidad que un conductor adopta en una carretera dependerá de la habilidad del mismo y de la capacidad del automotor, además de los siguientes factores:

- Características de la vía y del sector.
- Las condiciones de tiempo y clima.
- Intensidad de tráfico por los usuarios.
- Las limitaciones legales y de control.

EL MTOP la define como “ 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 de 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” (Normas de Diseño Geométrico, 2003).

Definir la velocidad de diseño es esencial para el buen conllevamiento del proyecto, ya que se debe buscar mantener una velocidad constante en cada tramo de la carretera. Las restricciones topográficas del terreno natural generalmente obligan a realizar variaciones de velocidades de diseño, y cuando se suscitan estos casos, no es prudente hacer la introducción de éstas de forma repentina, más bien se debe establecer una distancia suficiente que permita al conductor cambiar su velocidad gradualmente antes de llegar al tramo de la vía con distinta velocidad del proyecto. Para lo cual, se sugiere que la diferencia de velocidades entre dos tramos contiguos no sea mayor a 20 km/h y debe complementarse con una adecuada señalización progresiva con la indicación de velocidad creciente o decreciente.

Finalmente, seleccionada la velocidad de diseño, las características propias de la vía deben condicionarse a ella para modelar un proyecto que cumpla las especificaciones técnicas.

### **2.10 Velocidad de Circulación**

La NEVI-12 define la velocidad de Circulación u Operación como “la velocidad de un vehículo en un tramo específico de la carretera; su valor se obtiene dividiendo la distancia recorrida por el tiempo en el que el vehículo se mueve para recorrer el tramo. Esta es la velocidad que da la medida de servicio que presta la carretera”.

En conclusión, la velocidad de diseño es la que se emplea para la elaboración del diseño geométrico de parámetros como: radios de curvatura, gradientes, pendientes transversales y longitudinales, curvas de transición, coeficientes K, ancho de espaldones, etc.; mientras la velocidad de circulación es aquella con la que transitarán los vehículos en el carretero, regulando que ésta no sea bajo ninguna circunstancia, mayor a la velocidad de diseño del tramo.

Acogiendo las regulaciones técnicas estudiadas en el capítulo anterior, se define como velocidad de diseño el valor de 80 km/h para el Diseño Geométrico, mientras que para la Sección Típica del Pavimento se aplicará 100 km/h (correspondiente a una vía C1).

Estas consideraciones fueron seleccionadas con la finalidad de proponer una obra vial con un diseño seguro al mismo tiempo que cumpla con las sugerencias técnicas emitidas por el MTOP y la NEVI-12; ya que a pesar de que se estudió que la topografía del sector consiste en un relieve llano, el proyecto se desarrollará en una trayectoria que involucra embalses de agua. Este modelo se verá limitado por las restricciones propias de la zona.

En la tabla XII de la NEVI-12, se presenta la relación de las velocidades de diseño y circulación:

**Tabla XII.** Relación de la Velocidad de Operación Con la Velocidad de Diseño para Carreteras de 2 Carriles.

VELOCIDAD DE DISEÑO – Km/h	VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO – Km/h VOLUMEN DE TRÁNSITO		
	<i>BAJO</i>	<i>MEDIO</i>	<i>ALTO</i>
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	-
120	105	85	-

**Fuente:** NEVI-12, Norma para Estudios Viales, 2012.

# **CAPÍTULO 3**

## **DISEÑO GEOMÉTRICO DEL TRAZADO**

### 3.1 Alineamiento Horizontal

Según el MTOP el Alineamiento Horizontal es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal, cuyos elementos son las tangentes y las curvas circulares o de transición.

El trayecto del alineamiento horizontal queda restringido por varios factores: la topografía y características hidrológicas del terreno, las condiciones de drenaje, las características técnicas de la sub rasante y el potencial de los materiales.

De acuerdo al Ministerio de Transporte y Obras Públicas, los criterios generales a emplear en el alineamiento horizontal son:

- Vincular curvas amplias con tangentes largas según como permita el terreno natural, evitando curvas sinuosas y cortas. Para el caso de caminos de baja categoría con terrenos muy escarpados, hay que hallar el equilibrio de estas proyecciones.
- Trazar curvas de grandes radios y evitar los mínimos específicos, sólo adaptándolos en casos de condiciones críticas de terreno.
- El alineamiento debe tener la misma tendencia de dirección a la topografía existente.

- Se debe marcar consistencia en la geometría del alineamiento, procurando evitar cambios bruscos de curvaturas amplias a cerradas, así mismo curvas agudas entre los extremos de grandes tangentes.
- Las curvas deben ser lo suficientemente extensas dado pequeños ángulos de deflexión, impidiendo que se generen cambios de dirección forzados.
- Evitar curvas de radios pequeños sobre rellenos de altura y longitudes grandes.
- En el uso de curvas circulares compuestas, el radio mayor no exceda en 1.5 veces el radio menor.
- Debe evitarse alineamientos reversos bruscos, excepcionalmente si se proporciona un tangente lo suficientemente larga entre las dos curvas reversas que permita el desarrollo del peralte.
- No definir tangentes cortas entre dos curvas de la misma dirección.

### **3.1.1 Elementos de Alineamiento Horizontal**

#### **Tangentes**

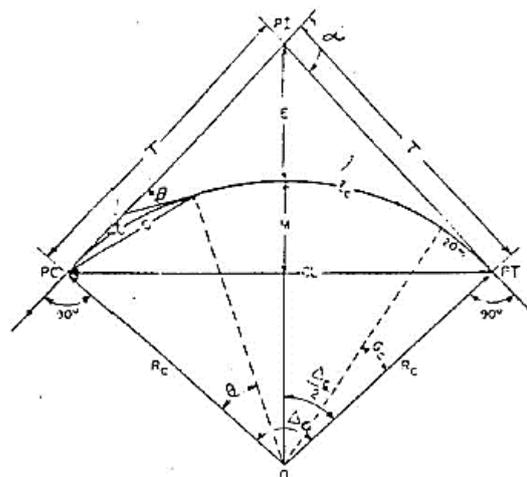
Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se lo llama PI y al ángulo de definición,

formado por la prolongación de una tangente y la consecutiva se la llama  $\alpha$ .

Las tangentes van unidas entre sí por curvas, y la distancia que existe entre el final de la curva anterior y el inicio de la siguiente se la denomina tangente intermedia. Su máxima longitud está condicionada por la seguridad.

### Curvas Circulares

Son los arcos de círculos que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; estas pueden ser simples, compuestas o reversas.



**Figura 3.1** Elementos de la curva circular simple.  
**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

PI: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PC: Punto en donde empieza la curva simple

PT: Punto en donde termina la curva simple

$\alpha$ : Ángulo de deflexión de las tangentes

$\Delta$ : Ángulo central de la curva circular

$\Theta$ : Ángulo de deflexión a un punto sobre la curva circular

Gc: Grado de curvatura de la curva circular

R: Radio de la curva circular

T: Tangente de la curva circular o subtangente

E: External

M: Media ordenada

C: Cuerda

CL: Longitud de Cuerda

l: Longitud de arco

LC: Longitud de la curva circular

$$LC = \frac{\pi * R * \alpha}{180} \quad [\text{Ec. 3.1}]$$

$$T = R * \text{Tan} \left( \frac{\alpha}{2} \right) \quad [\text{Ec. 3.2}]$$

$$E = R * \left( \text{Sec} \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \quad [\text{Ec. 3.3}]$$

$$M = R - R * \text{Cos} \left( \frac{\alpha}{2} \right) \quad [\text{Ec. 3.4}]$$

$$\theta = \frac{G_c * l}{20} \quad [\text{Ec. 3.5}]$$

$$C = 2 * R * \text{Sen}\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad [\text{Ec. 3.6}]$$

$$CL = 2 * R * \text{Sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad [\text{Ec. 3.7}]$$

$$\emptyset = \frac{\theta}{2} \quad [\text{Ec. 3.8}]$$

$$\emptyset = \frac{G_c * l}{40} \quad [\text{Ec. 3.9}]$$

$$\emptyset = \frac{G * lc}{40} \quad [\text{Ec. 3.10}]$$

$$G_c = \frac{1145,92}{R} \quad [\text{Ec. 3.11}]$$

### Radio mínimo de Curvatura Circular

Es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del peralte "e" adoptado y del coeficiente de fricción lateral "f" correspondiente. Se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{v^2}{127 * (e + f)} \quad [\text{Ec. 3.12}]$$

$$R = \frac{(80)^2}{127 * (0.10 + 0.1399)}$$

**R = 210 m** mínimo en proyecto

Donde:

R= Radio mínimo de curvatura horizontal [m]

V= Velocidad de diseño [km/h]

f= Coeficiente de fricción lateral

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

El radio mínimo de curvatura horizontal empleado en el proyecto se muestra en la tabla XIII, calculado a partir la velocidad de diseño y los valores máximos de fricción y peralte.

**Tabla XIII.** Elementos de la Curva Circular Simple.

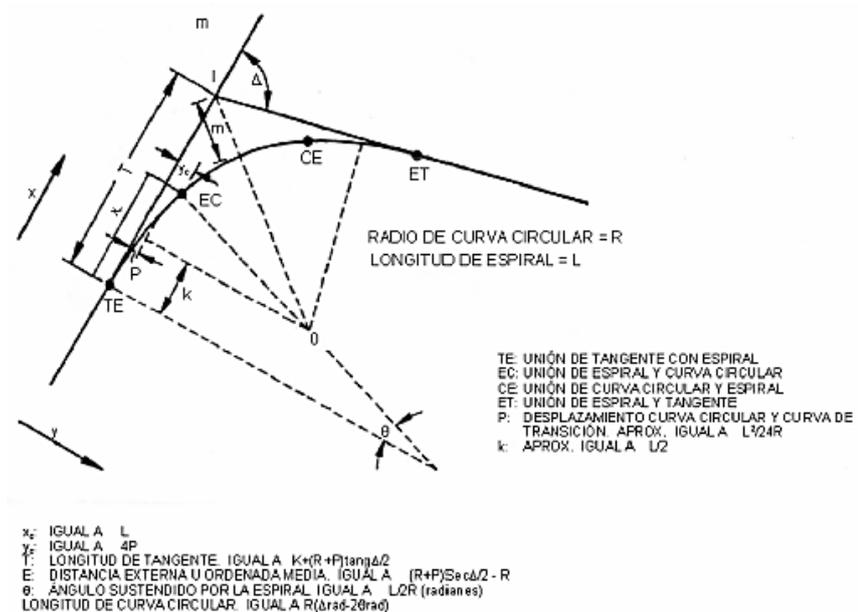
Velocidad de Diseño [km/h]	Peralte máximo e	f máximo	Total e+f	Radio mínimo calculado	Radio mínimo Redondeado
30	0.10	0.1712	0.27122	26.13	30
40	0.10	0.1650	0.26496	47.55	50
50	0.10	0.1587	0.25870	76.09	80
60	0.10	0.1524	0.25244	112.29	110
70	0.10	0.1462	0.24618	156.73	160
80	0.10	0.1399	0.23992	210.04	210
90	0.10	0.1337	0.23366	272.96	275
100	0.10	0.1274	0.22740	346.26	350
110	0.10	0.1211	0.22114	430.84	430
120	0.10	0.1149	0.21488	527.67	530

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

## Curvas de Transición

Son las curvas que unen el tramo tangente con la curva circular en forma gradual, tanto para el desarrollo del peralte como el sobreancho. Facilita el recorrido seguro y cómodo de la curva, suavizando la maniobra de entrada hacia ella y manteniendo al vehículo dentro de su carril.

La Clotoide o espiral de Euler es la curva más apropiada para efectuar transiciones; representa la transición entre dos rectas de distinta dirección. Se compone de dos arcos de espiral con un mismo radio de curvatura y tangente común en un punto de contacto.



**Figura 3.2** Elementos de una Clotoide.

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

Cuando se emplea una espiral, se recomienda que la transición de la sobreelevación se desarrolle en la longitud de dicha espiral.

### Deflexión de la Espiral

$$\theta_e = \frac{Le}{2 * R} \quad [\text{Ec. 3.13}]$$

### Longitud de Espiral mínima

$$Le = 0.072 \frac{V^3}{R * C} \quad [\text{Ec. 3.14}]$$

C: Tasa de incremento de la aceleración centrípeta, en m/sg<sup>3</sup>. Varía entre 1 y 3, se recomienda el valor de 2.

Las longitudes de espirales mínima para emplear en nuestro proyecto, se verificó a continuación:

$$Le = 0.0702 \frac{(80)^3}{210 * 2}$$

Le= 70 m

**Le= 90 m** mínima en proyecto

### Longitud total de la curva

Es la suma de la longitud de las dos espirales de transición y de la longitud de la curva circular. Para curvas simétricas se tiene:

$$L_t = 2 * L_e + L \quad [\text{Ec. 3.15}]$$

### Parámetro de la Espiral A

$$A = \sqrt{Le * R} \quad [\text{Ec. 3.16}]$$

$$A = \sqrt{90 * 210}$$

$A = 137.47$  mínima en proyecto

A continuación, se muestra en la tabla XIV, las longitudes de espirales mínimas para el desarrollo de la sobreelevación máxima en curvas clotoides, para el caso de carreteras de 2 carriles.

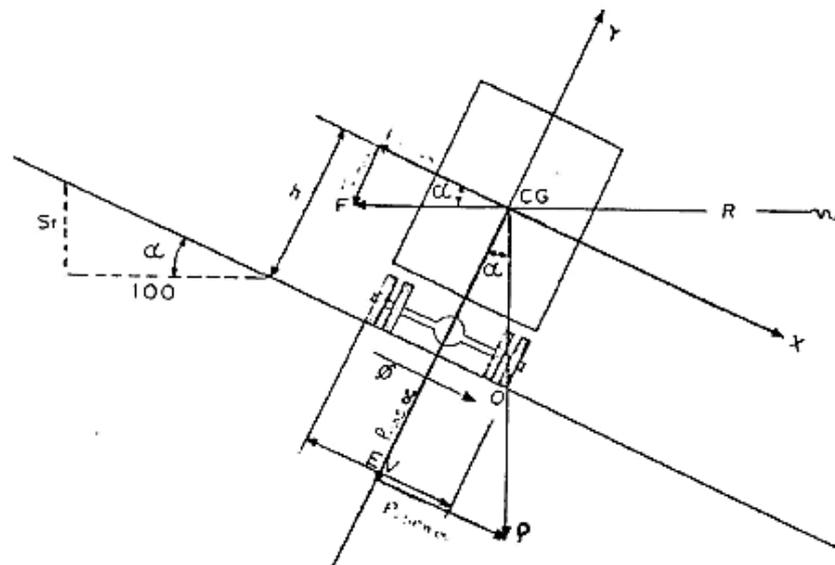
**Tabla XIV.** Longitudes de Espiral y Radio de Curva Mínimos en Función de la Velocidad de Diseño.

VALORES MÍNIMOS RECOMENDABLES DE LA LONGITUD DE LA ESPIRAL ( $Le = 0.036 V^3/R$ )														
Vd (Km/h)	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
R <sub>min</sub> , m.	18	20	25	30	42	56	75	110	160	210	275	350	430	520
Le <sub>min</sub> , m	30	30	40	52	55	59	60	70	80	90	95	100	110	120

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

### Peralte de Curvas

Cuando un vehículo entra a recorrer una curva tiene tendencia a ser empujado hacia fuera de ella debido al efecto de la fuerza centrífuga "F", la misma que es contrarrestada por las componentes del peso propio del vehículo, al desarrollo del peralte y a la superficie de fricción entre las llantas y la calzada.



**Figura 3.3** Estabilidad del vehículo en las curvas.  
**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

La fuerza centrífuga se calcula con la siguiente expresión:

$$f = \frac{M * V^2}{R} \quad [\text{Ec. 3.17}]$$

Donde:

M: masa del vehículo P/g

P: peso del vehículo [kg]

G: gravedad [m/s<sup>2</sup>]

V= velocidad de diseño [m/s]

R: radio de curvatura [m]

La inestabilidad debido a la fuerza centrífuga puede producirse por deslizamiento o volcamiento, por lo cual es necesario dar un peralte adecuado a la curva para que la sección transversal tenga inclinación y estos efectos sean absorbidos.

### **Magnitud de Peralte**

El valor del peralte proporciona comodidad y seguridad al vehículo al momento de transitar durante una curva, sin embargo, este tiene un límite máximo para que no se produzca deslizamiento hacia el interior de la misma cuando se opera a bajas velocidades.

El MTOP recomienda para carreteras de dos carriles que se adopte un peralte máximo de 10%, indiferentemente del tipo de rodadura (asfalto, concreto o material granular) pero con velocidades de diseño mayores a 50 km/h.

$$e = \frac{V^2}{127 * R} - f \quad [\text{Ec. 3.18}]$$

El valor de coeficiente de fricción lateral "f" está condicionado por diversos factores: tipos y estado de la capa de rodadura, humedad del pavimento, labrado de las llantas, presión de los neumáticos, velocidad de circulación y finalmente el peralte.

Los valores de “f” pueden variar en un intervalo de 0.15 a 0.40 según lo anteriormente descrito. De acuerdo con la AASHTO el valor del coeficiente de está definido por:

$$f = 0.19 - 0.000626 * V \quad [\text{Ec. 3.19}]$$

$$f = 0.19 - 0.000626 * 80$$

$$f = 0.1399 \text{ en proyecto}$$

A continuación, se muestran los diferentes valores de “f” en función de la velocidad de diseño:

**Tabla XV. Peraltes Máximos de Curvatura**

Radio	Velocidades				Radio	Velocidades				
	40 kph	50 kph	60 kph	70 kph		80 kph	90 kph	100 kph	110 kph	120 kph
					4500					SN
					4000					SN
					3500					CP
					3400					0,023
					3000					SN
1700				SN	3000					CP
1600				SN	2500					0,023
1500				CP	2000					0,028
1400				0,021	1900					0,035
1300				SN	1800					0,042
1200				0,023	1700					0,044
1100				SN	1600					0,046
1000				CP	1500					0,048
900				0,021	1400					0,052
800				0,023	1300					0,055
750				0,026	1200					0,058
700				0,028	1100					0,062
600				0,032	1000					0,066
500				0,036	900					0,074
460				0,040	800					0,076
400				0,044	750					0,081
350				0,048	700					0,086
300				0,053	600					0,088
250				0,057	535					0,091
210				0,062	500					0,096
200				0,064	460					0,099
160				0,067	435					0,100
150				0,072	400					0,100
115				0,077	350					0,100
110				0,082	300					0,100
80				0,086	275					0,100
75				0,089	250					0,100
50				0,100	210					0,100

R<sub>min</sub>:50m

R<sub>min</sub>:210m

SN : Sección Normal  
CP : Curva con Peralte

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003

## Desarrollo del Peralte

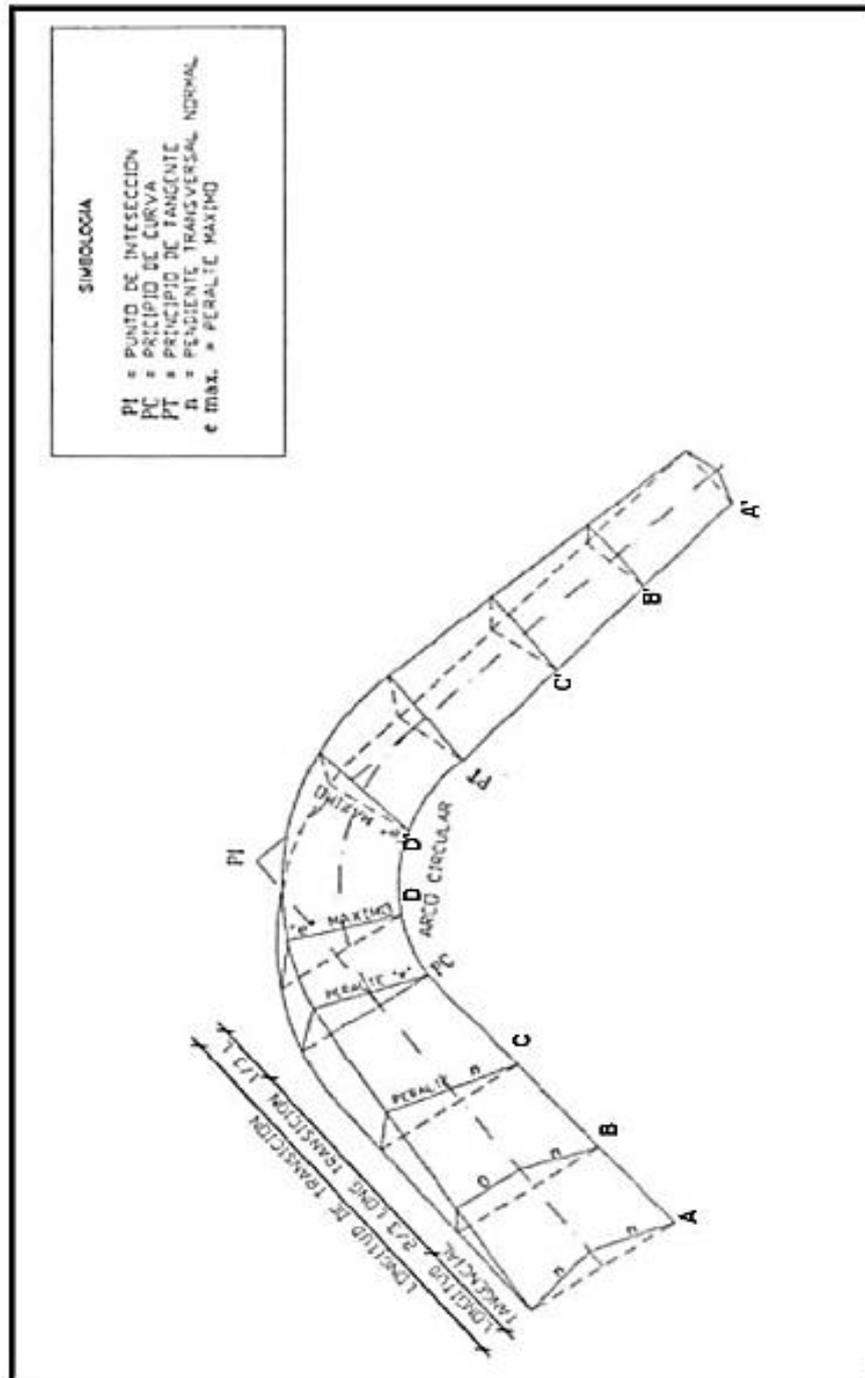
Al momento de pasar de un tramo recto a uno curvo se requiere realizar la transición de una sección transversal, de un estado de fuerzas normales a un estado de componentes o viceversa; en una longitud necesaria para que pueda desarrollarse el peralte.

Esta longitud de transición debe venir vinculada entre una diferencia de pendientes longitudinales de los bordes de la vía y la calzada; su valor máximo para una carretera con velocidad de diseño de 80 km/h es de 6% y el mínimo se muestran en la tabla XVI:

**Tabla XVI.** Gradiente Longitudinal (i) necesaria para el desarrollo del peralte.

$V_d$ , KM/h	VALOR DE (i), ‰	MAXIMA PENDIENTE EQUIVALENTE.
20	0,800	1:125
25	0,775	1:129
30	0,750	1:133
35	0,725	1:138
40	0,700	1:143
50	0,650	1:154
60	0,600	1:167
70	0,550	1:182
80	0,500	1:200
90	0,470	1:213
100	0,430	1:233
110	0,400	1:250
120	0,370	1:270

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.



**Figura 3.4** Diagrama de transición del peralte.  
**Fuente:** MTOP- Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

### **Sobre ancho en curvas**

La función del sobre ancho en las curvas, al igual que el peralte, es el de proporcionar seguridad y comodidad a los usuarios al momento de transitar un tramo circular. En algunos casos, el conductor presenta la dificultad de mantenerse alineado al centro de su carril debido a la menor posibilidad para apreciar la posición relativa de su vehículo dentro de la curva.

Esta dificultad aumenta con la velocidad, pero disminuye a medida que los radios de las curvas son mayores. Los cambios de ancho generalmente varían entre 30cm y 60cm.

Según la NEVI-12 debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones para establecer el sobre ancho:

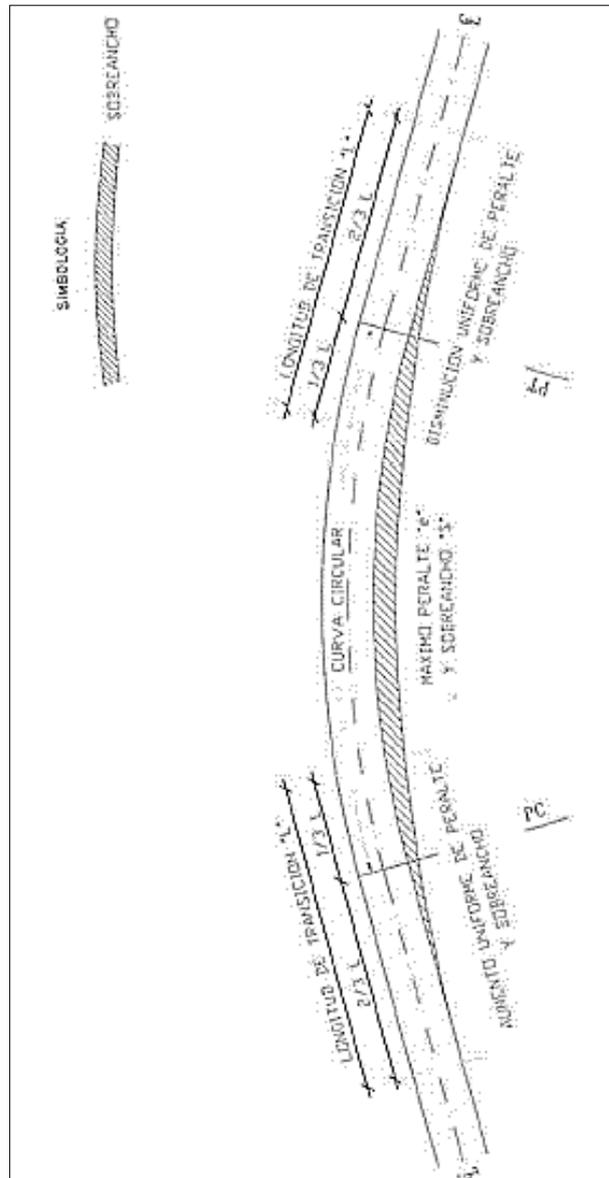
- En curvas circulares que no posean transición, la borde interior de la calzada contendrá el sobre ancho y, el borde externo se mantendrá concéntrico con el eje de la vía.
- En caso de curva con transición, el sobre ancho se divide proporcionalmente en ambos bordes de la calzada.

- El ancho debe desarrollarse sobre toda la longitud de transición y proporcionalmente uniforme, nunca abruptamente.

**Tabla XVII.** Sobreebanco de la Calzada en Curvas Circulares.

Radio de Curva (m)	C1							C2							C3						
	Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)						
TIPO	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110
1500	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1000	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
750	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
500	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5		0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1		
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5			0.6	0.7	0.7	0.8	0.8		0.9	1.0	1.0	1.1				
250	0.4	0.5	0.5	0.6				0.7	0.8	0.8	0.9			1.0	1.1	1.1	1.2				
200	0.6	0.7	0.8					0.9	1.0	1.1				1.2	1.3	1.3	1.4				
150	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
140	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
130	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
120	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
110	0.7							1.0						1.3							
100	0.8							1.1						1.4							
90	0.8							1.1						1.4							
80	1							1.3						1.6							
70	1.1							1.4						1.7							

**Fuente:** NEVI-12, Norma para Estudios Viales, 2012.



**Figura 3.5** Transición de Sobre ancho.

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003

### **Distancia de Seguridad entre 2 Vehículos**

Es la mínima distancia que deben tener 2 vehículos que viajan en la misma dirección y con la misma velocidad, de tal manera que

cuando el vehículo que transita delante aplique freno, el de atrás tenga tiempo a detenerse sin producirse un accidente.

La AASTHO establece la siguiente ecuación para el cálculo de esta distancia, definiendo como base una longitud mínima promedio de 6.0 m que un automotor pueda aplicar el frenado:

$$D_s = 0.183 \cdot V_c + 6 \quad [\text{Ec. 3.19}]$$

Donde:

$D_s$ : Distancia de seguridad entre 2 vehículos [m]

$V_c$ : Velocidad de Circulación [km/h].

Calculando para este estudio y acatando una velocidad de circulación de 72 km/h, la distancia de seguridad será de:

$$D_s = 0.183 \cdot (72) + 6$$

$D_s = 19.12$  m mínima en proyecto

### **Distancia de Visibilidad de Parada**

Es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo en marcha, cuando perciba una situación de conflicto o imprevisto adelante su recorrido.

La Distancia de Visibilidad de Parada está constituida por dos componentes: la distancia de percepción y reacción del conductor denominada como "d1", más la distancia de frenado "d2". La primera situación consiste en la distancia recorrida por el vehículo desde el momento que el conductor percibe el peligro hasta que aplica el pedal del freno, y la segunda, es la distancia que se necesita para que el vehículo se detenga después de ejecutar la acción anterior.

El parámetro d1 está definido por:

$$d1=0.278*V*t \quad [m] \quad [Ec. 3.20]$$

Donde:

V: Velocidad inicial [km/h]

t: Tiempo de percepción y reacción, valor promedio t=2.5 s

Mientras el parámetro d2 viene dado por:

$$d_2 = \frac{V^2}{254 * (f \pm G)} \text{ [m]} \quad [\text{Ec. 3.21}]$$

Donde:

V: Velocidad inicial [km/h]

f: coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento

G: Porcentaje de la pendiente longitudinal /100. Para ascenso (+) y descenso (-)

En base a la fórmula anteriormente descrita, en la tabla XVIII se muestran las distancias de visibilidad de parada mínimas en función del terreno plano, pendiente y decisión.

**Tabla XVIII.** Distancias de Visibilidad de Parada Mínimas en función del terreno.

a) En terreno Plano

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción	Distancia de Frenado	Distancia de Parada
		Tiempo (s)	Distancia (m)			
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

**Fuente:** NEVI-12, Norma para Estudios Viales, 2012.

Casi todos los tramos tangentes del proyecto lograron cumplir este parámetro, a excepción de la recta ubicada a la altura entre 1+203.41 y 1+258.94; la cual será debidamente señalizada para precautelar a los vehículos.

**Tabla XIX.** Distancias de Visibilidad de Parada Mínimas en función de la pendiente.

b) En Pendiente de Bajada y Subida

Velocidad de Diseño Km/h	Distancia de Parada en Bajadas (m)			Distancia de Parada en Subidas (m)		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
30	30.4	31.2	32.2	29.0	28.5	28.0
40	45.7	47.5	49.5	43.2	42.1	41.2
50	65.5	68.6	72.6	55.5	53.8	52.4
60	88.9	94.2	100.8	71.3	68.7	66.6
70	117.5	125.8	136.3	89.7	85.9	82.8
80	148.8	160.5	175.5	107.1	102.2	98.1
90	180.6	195.4	214.4	124.2	118.8	113.4
100	220.8	240.6	256.9	147.9	140.3	133.9
110	267.0	292.9	327.1	168.4	159.1	151.3

**Fuente:** NEVI-12, Norma para Estudios Viales, 2012.

**Tabla XX.** Distancias de Visibilidad de Parada Mínimas en función de la decisión para evitar la maniobra.

c) Decisión para evitar Maniobras

Velocidad de Diseño Km/h	Distancia de Decisión para Evitar la Maniobra (m)				
	a	b	c	d	e
50	75	160	145	160	200
60	95	205	175	205	235
70	125	250	200	240	275
80	155	300	230	275	315
90	185	360	275	320	360
100	225	415	315	365	405
110	265	455	335	390	435

**Fuente:** NEVI-12, Norma para Estudios Viales, 2012.

### **Distancia de Visibilidad de Adelantamiento**

Es la distancia de visibilidad requerida por el conductor de un vehículo para adelantar a otro que, a menor velocidad relativa, circula en su mismo carril y dirección, en condiciones cómodas y seguras, invadiendo para ello el carril contrario, pero sin afectar la velocidad del otro vehículo que se le acerca, el cual es visto por el conductor inmediatamente después de empezar la maniobra de rebasamiento.

La Distancia de Visibilidad de Adelantamiento está constituida por las siguientes cuatro distancias:

La distancia preliminar de demora d1:

$$d1 = 0.278 * t1 \left( V - m + a * 2 \frac{t1}{2} \right) \quad [\text{Ec. 3.22}]$$

Donde:

V: velocidad promedio del vehículo que rebasa [km/h]

t1: tiempo de maniobra inicial [s]

a: aceleración promedio del vehículo que realiza el rebase durante el inicio de maniobra [km/h\*s]

m: diferencia de velocidad entre el vehículo que es rebasado y el que rebasa [km/h]

Distancia de adelantamiento d2:

$$d2=0.278*V*t2 \quad [\text{Ec. 3.23}]$$

V: velocidad promedio del vehículo que ejecuta el adelantamiento [km/h]

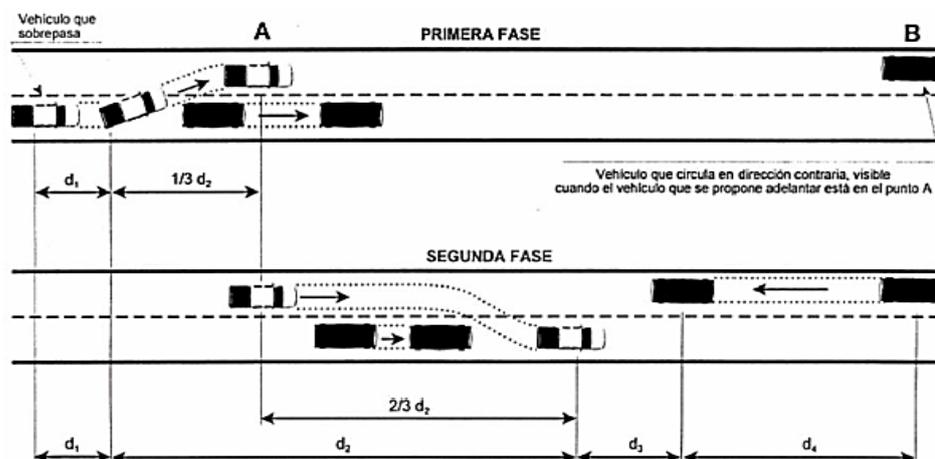
t2: tiempo de ocupación del carril opuesto [s]

Distancia de seguridad d3:

Según la NEVI-12 expone valores experimentales comprendidos entre 30 y 90m.

Distancia recorrida por el vehículo que viene en carril contrario d4:

De manera práctica esta distancia se fija como 2/3 de d2.



**Figura 3.6** Etapas de la maniobra para adelantamiento en carreteras de 2 carriles.

Fuente: NEVI-12, Norma para Estudios Viales, 2012.

**Tabla XXI.** Parámetros y Componentes de la distancia de adelantamiento.

Velocidad promedio de adelantamiento (Km/h)	50 - 65	66 - 80	81 - 95	96 - 110
Maniobra Inicial				
A= aceleracion promedio (Km/h/s)	2,25	2,3	2,37	2,41
t1 = tiempo (s)	3,6	4	4,3	4,5
d1 = distancia recorrida (m)	45	65	90	110
Ocupacion carril izquierdo:				
t2 = tiempo (s)	9,3	10	10,7	11,3
d2 = distancia recorrida (m)	145	195	250	315
Longitud Libre				
d3= distancia recorrida (m)	30	55	75	90
Vehículo que se aproxima:				
d4= distancia recorrida (m)	95	130	165	210
Distancia Total: $d1 + d2 + d3 + d4$ (m)	315	445	580	725

Fuente: NEVI-12, Norma para Estudios Viales, 2012.

En función de la velocidad de diseño de la vía, se establece que se requiere de al menos 445 m de longitud para proporcionar una distancia de adelantamiento segura. Los tramos que constarán con esta componente serán a partir del abscisado 0+000 y 1+412.

### 3.2 Resumen del Proyecto Horizontal

**Tabla XXII. Resumen de Curvas del Alineamiento Horizontal.**

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTALES														
Nº CURVA	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO [m]	T [m]	L [m]	CL [m]	E [m]	M [m]	PI	PC	PT	PI NORTE [m]	PI ESTE [m]	V [km/h]
<b>BP</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	0+000.00	-	-	9679244.27	632377.07	-
<b>PI:1</b>	S85° 06' 38W"	55°29'27"	210	110.46	203.38	195.53	27.28	24.14	1+030.49	0+920.03	1+123.41	9679863.33	631530.80	80
<b>PI:2</b>	S67° 15' 00W"	41°35'47"	210	79.76	152.46	149.13	14.64	13.68	1+338.71	1+258.94	1+411.40	9679626.15	631281.29	80
<b>PI:3</b>	N70° 49' 13W"	42°15'46"	250	96.62	184.41	180.25	18.02	16.81	2+142.85	2+049.85	2+234.25	9679598.40	630466.93	80
<b>PI:4</b>	N30° 04' 14W"	39°14'12"	210	74.85	143.81	141.02	12.94	12.19	2+715.34	2+643.87	2+787.68	9679974.33	630023.82	80
<b>PI:5</b>	N29° 41' 28W"	38°28'39"	210	73.29	141.03	138.39	12.42	11.73	2+948.16	2+882.39	3+023.41	9680213.15	629979.76	80
<b>PI:6</b>	N51° 35' 37W"	37°44'54"	210	71.79	138.35	135.87	11.93	11.29	3+549.55	3+484.83	3+623.18	9680524.52	629470.54	80
<b>EP</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	3+656.00	-	-	9680618.08	629410.42	-

Fuente: Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

**Tabla XXIII. Resumen de Espirales del Alineamiento Horizontal.**

TABLA DE ELEMENTOS DE ESPIRAL									
No. ESPIRAL	Le [m]	RADIO ENT. [m]	RADIO SAL. [m]	A	DIRECCIÓN	2/3 Le [m]	1/3 Le [m]	TE NORTE [m]	TE ESTE [m]
<b>S11</b>	100,00	700.00	778,87	279,08	N52° 33' 09W"	66,68	33,35	9679622,78	631882,86
<b>S12</b>	80,00	900.00	210,00	129,61	N56° 13' 50W"	53,44	26,76	9679747,18	631704,51
<b>S13</b>	80,00	210,00	850.00	129,61	S57° 21' 55W"	53,44	26,76	9679770,61	631440,61
<b>S14</b>	100,00	850.00	133,01	115,33	N48° 55' 48W"	67,17	33,79	9680389,50	629777,40

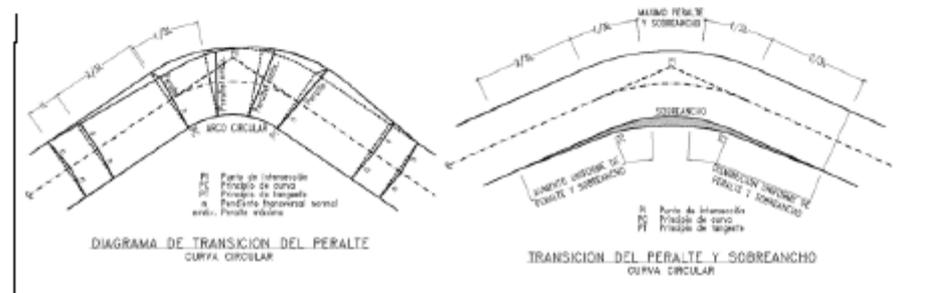
Fuente: Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

**Tabla XXIV.** Cuadro de Peraltes, Sobre anchos y Longitudes X, Le para el desarrollo de Carretera de 2 carriles, ancho de vía 7.30 m.

Velocidad de diseño (Kph)		80	Gradiente Longitudinal		0,50
Ancho de vía (m)		7,30	Pendiente de la vía (%)		2,00
			Peralte máximo (%)		10,00
Radio (m)	Peralte (%)	Sobreeancho (m)	Longitud X (m)	Longitud de transición L (m)	
				Mínima	Máxima
210	10,0	0,50	15	73	83
250	9,6	0,41	15	70	78
275	9,3	0,37	15	68	75
300	9,0		15	66	66
350	8,4		15	61	61
400	7,8		15	57	57
435	7,4		15	54	54
460	7,2		15	53	53
500	6,7		15	49	49
535	6,4		15	47	47
600	5,8		15	42	42
700	5,0		15	37	37
750	4,8		15	35	35
800	4,5		15	33	33
900	4,0		15	29	29
1000	3,6		15	26	26
1100	3,3		15	24	24
1200	3,1		15	23	23
1300	2,9		15	21	21
1400	2,7		15	20	20
1500	2,5		15	18	18
1600	2,4		15	18	18
1700	2,3		15	17	17
1800	2,1		15	15	15
1900	C.P		15	15	15
2000	S.N				

S.N = Sección Normal

C.P = Curva con Peralte



**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

### 3.3 Alineamiento Vertical

El diseño vertical está constituido por el perfil longitudinal del corredor vial, el cual se compone de un grupo de rectas tangentes enlazadas por arcos verticales parabólicos que permiten la transición entre pendientes de magnitud diferente. Se designa como pendientes positivas (+) a aquellas que impliquen un aumento de cota y negativas (-) a las que generen declinación.

La NEVI-12 establece las siguientes consideraciones para el buen desarrollo del alineamiento vertical:

- El eje central de la calzada de una vía deberá ser coincidente con el eje del perfil del terreno. Excepcionalmente cuando se trate de un terreno llano, donde la rasante estará por encima del mismo aprovechando condiciones de drenaje.
- Para el caso de relieves montañosos y escarpados, la rasante deberá seguir la dirección del terreno evitando tramos contra pendiente para favorecer la compatibilidad del recorrido.
- El uso de pendientes moderadas implicará variaciones graduales de cota, intentando mantener las características geométricas de la categoría de la carretera.

- Preferentemente evitar los tramos tangentes en mismo sentido y unidos por una distancia corta. Ya que se producen distancias de visibilidad restringida o antiestética.

### **3.3.1 Elementos de Alineamiento Vertical**

#### **3.3.1.1 Gradiente Máxima**

En lo posible, los gradientes deben ajustarse a la topografía del terreno para generar velocidades de circulación más seguras y facilitar las maniobras del conductor. Se debe procurar no emplear pendientes pronunciadas en trayectos excesivamente largos ya que se proyectan a aumentar de desnivel y restringen condiciones adecuadas de tránsito.

En función de la velocidad de diseño, la NEVI-12 recomienda no sobrepasar los límites máximos de pendiente en la tabla XXV.

**Tabla XXV.** Pendientes Longitudinales Máximas.

Orografía	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad (Km/h)				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5

**Fuente:** NEVI-12, Norma para Estudios Viales, 2012.

### 3.3.1.2 Gradiente Mínima

La gradiente longitudinal mínima es de 0.5%, pudiéndose adoptar una gradiente de 0% para el caso de rellenos igual o mayores a 1 m de altura y, cuando el pavimento esté provisto de un bombeo adecuado (mayor a 2%) que permita la eficiente escorrentía del agua.

En tramos de corte la pendiente longitudinal será mayor al 0.5 %, excepcionalmente que la vía sea complementada con cunetas dotadas de pendiente necesaria para garantizar un adecuado drenaje y que el pavimento cuente con un bombeo mayor o igual al 2%.

### 3.3.1.3 Longitud Crítica de Gradiente

EL MTOP complementa la restricción en el alineamiento vertical con valores de longitud crítica cuesta arriba, sobre el cual un camión representativo y cargado pueda operar sin mayor reducción de velocidad y sin producir considerables interferencias en el flujo del tráfico.

Habrá que adoptar consideraciones especiales en el diseño con el fin de mantener un flujo de tráfico continuo, tales como añadir un carril adicional para ascenso de camiones y vehículos pesados; o también el cambio de la franja topográfica para que disminuya que la caída de la pendiente.

Para carreteras de dos carriles debe considerarse un carril auxiliar de ascenso cuando el volumen de tránsito del horario empleado en el diseño exceda en un 20% la capacidad proyectada para la gradiente que se estudia.

Para el análisis de las longitudes críticas de gradiente, se han tomado en cuenta los siguientes criterios:

- La relación de peso-potencia (libras por cada HP) de un camión cargado sea de 400.
- La longitud de gradiente crítica es dependiente de la velocidad del vehículo que transita pendiente arriba, por lo que ha menor disminución de la velocidad se necesita mayor longitud recorrido crítico.
- Se establece un valor general en reducción de la velocidad, estableciéndola en 25 km/h para efectos de determinar la longitud de la gradiente crítica promedio.

A continuación, se presenta la tabla XXVI que relaciona los gradientes máximos con longitudes críticas.

**Tabla XXVI.** Gradientes y Longitudes máximas.

<b>Gradiente máximo</b>	<b>Longitud Crítica</b>
8-10%	1000m
10-12%	500m
12-14%	250m

**Fuente:** MTOP- Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003



E: Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva [m]

X: Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV

Y: Ordenada vertical a cualquier punto.

Existen 2 formas parabólicas, las curvas verticales convexas cuya concavidad se orienta hacia arriba y, curvas cóncavas de concavidad orientada hacia abajo.

### **Curvas Convexas**

La longitud mínima de las curvas verticales convexas viene definida a partir de los requerimientos de la distancia de visibilidad para frenado de un vehículo, considerando el ojo del conductor a una altura de 1.15m y el objeto que logra divisar sobre el carretero a 0.15m.

En casos excepcionales donde la topografía del terreno sea favorable (terreno llano), esta longitud podrá determinarse en base a la necesidad de visibilidad para adelantamiento de un vehículo.

La longitud necesaria se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$L_{cv} = \frac{A * S^2}{426} = K * A \quad [\text{Ec. 3.24}]$$

Donde:

$L_{cv}$ : Longitud de la curva vertical convexa [m]

A: Diferencia algebraica de gradientes [%]

S: Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo [m]

K: Índice de curvatura para curvas convexas

La NEVI-12 proporciona los valores de índices de curvatura K para la determinación de la longitud mínima de las curvas convexas.

**Tabla XXVII.** Índice K para el cálculo de curvas verticales convexas.

Velocidad (Km/h)	Longitud Controlada por Visibilidad de Frenado		Longitud Controlada por Visibilidad de Adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Índice de Curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)	Índice de Curvatura K
20	20	0,6	-	-
30	35	1,9	200	46
40	50	3,8	270	84
50	65	6,4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

El índice de curvatura es la Longitud (L) de la curva de las pendientes (A)  $K = L/A$  por el porcentaje de la diferencia algebraica

**Fuente:** NEVI-12, Norma para Estudios Viales, 2012

Para el desarrollo del proyecto, se requería como longitud mínima de curvas verticales convexas el valor de:

$$L_{cv} = \frac{0.38 * 130^2}{426} =$$

L=15 m como longitud controlada por visibilidad de frenado  
y

$$L_{cv} = \frac{0.38 * 540^2}{426} =$$

L=260 m como longitud controlada por visibilidad para adelantamiento, la cual no ha sido añadida a ningún tramo.

### **Curvas Cóncavas**

Por razones de seguridad es necesario que se proporcione suficiente longitud a las curvas verticales cóncavas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea cercana a la distancia de visibilidad necesaria para el frenado de un vehículo.

La longitud necesaria se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$L_{cv} = \frac{A * S^2}{122 + 3.5 * S} = K * A \quad [\text{Ec. 3.25}]$$

La NEVI-12 proporciona los valores de índices de curvatura K para la determinación de la longitud mínima de las curvas cóncavas.

**Tabla XXVIII.** Índice K para el cálculo de curvas verticales cóncavas.

Velocidad (Km/h)	Distancia de visibilidad de frenado (m)	Índice de Curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A)  $K = L/A$  por el porcentaje de la diferencia algebraica.

**Fuente:** NEVI-12, Norma para Estudios Viales, 2012

Para el desarrollo del proyecto se requería como longitud mínima de curvas verticales convexas el valor de:

$$L_{cv} = \frac{0.38 * 130^2}{122 + 3.5 * 130} =$$

L=12 m como longitud controlada por los rayos de luz de los faros de un vehículo.

### 3.4 Resumen Vertical del Proyecto

**Tabla XXIX.** Resumen de curvas verticales del proyecto.

<b>CURVA VERTICAL N° 1</b>			
Tipo:	Convexa	V:	80 km/h
PVC:	0+590.00	Elevación PVC:	12.357m
PVI:	0+650.00	Elevación PVI:	12.444m
PVT:	0+710.00	Elevación PVT:	12.540m
Punto bajo:	0+590.00	Elevación (P.b.):	12.357m
S1:	0.15%	S2:	0.16%
A:	0.02%	K:	7,870.772m
L:	120.000m	Radio de la curva:	787,077.194m
<b>CURVA VERTICAL N° 2</b>			
Tipo:	Cóncava	V:	80 km/h
PVC:	0+910.00	Elevación PVC:	12.861m
PVI:	1+010.00	Elevación PVI:	13.021m
PVT:	1+110.00	Elevación PVT:	12.801m
Punto alto:	0+994.29	Elevación (P.a.):	12.928m
S1:	0.16%	S2:	-0.22%
A:	0.38%	K:	525.453m
L:	200.000m	Radio de la curva:	52,545.251m
Distancia de adelantamiento:	4,162.700m	Distancia de frenado:	1,846.013m
<b>CURVA VERTICAL N° 3</b>			
Tipo:	Convexa	V:	80 km/h
PVC:	1+240.00	Elevación PVC:	12.515m
PVI:	1+320.00	Elevación PVI:	12.339m
PVT:	1+400.00	Elevación PVT:	12.435m
Punto bajo:	1+343.55	Elevación (P.b.):	12.401m
S1:	-0.22%	S2:	0.12%
A:	0.34%	K:	470.228m
L:	160.000m	Radio de la curva:	47,022.810m

<b>CURVA VERTICAL N° 4</b>			
Tipo:	Cóncava	V:	80 km/h
PVC:	2+220.00	Elevación PVC:	13.419m
PVI:	2+310.00	Elevación PVI:	13.527m
PVT:	2+400.00	Elevación PVT:	13.595m
Punto alto:	2+400.00	Elevación (P.a.):	13.595m
S1:	0.12%	S2:	0.08%
A:	0.04%	K:	4,050.014m
L:	180.000m	Radio de la curva:	405,001.434m
Distancia de adelantamiento:	34,883.278m	Distancia de frenado:	15,042.993m
<b>CURVA VERTICAL N° 5</b>			
Tipo:	Cóncava	V:	80 km/h
PVC:	2+635.00	Elevación PVC:	13.773m
PVI:	2+710.00	Elevación PVI:	13.830m
PVT:	2+785.00	Elevación PVT:	13.764m
Punto alto:	2+704.30	Elevación (P.a.):	13.799m
S1:	0.08%	S2:	-0.09%
A:	0.16%	K:	916.559m
L:	150.000m	Radio de la curva:	91,655.910m
Distancia de adelantamiento:	9,523.884m	Distancia de frenado:	4,135.816m
<b>CURVA VERTICAL N° 6</b>			
Tipo:	Convexa	V:	80 km/h
PVC:	2+880.00	Elevación PVC:	13.680m
PVI:	2+950.00	Elevación PVI:	13.618m
PVT:	3+020.00	Elevación PVT:	13.648m
Punto bajo:	2+973.94	Elevación (P.b.):	13.639m
S1:	-0.09%	S2:	0.04%
A:	0.13%	K:	1,067.046m
L:	140.000m	Radio de la curva:	106,704.572m

<b>CURVA VERTICAL N° 7</b>			
Tipo:	Cóncava	V:	80 km/h
PVC:	3+480.00	Elevación PVC:	13.847m
PVI:	3+550.00	Elevación PVI:	13.877m
PVT:	3+620.00	Elevación PVT:	13.855m
Punto alto:	3+560.22	Elevación (P.a.):	13.864m
S1:	0.04%	S2:	-0.03%
A:	0.08%	K:	1,858.682m
L:	140.000m	Radio de la curva:	185,868.187m
Distancia de adelantamiento:	20,599.970m	Distancia de frenado:	8,893.098m

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### 3.5 Relación entre el Alineamiento Horizontal y Vertical

El diseño de los alineamientos horizontal y vertical no debe realizarse independientemente, tienen que estar vinculados para que exista coordinación entre sus elementos de transición; a fin de garantizar seguridad, velocidad constante, apariencia agradable y eficiente servicio de tráfico.

Estas garantías se alcanzan con la correcta superposición (coincidencia de ubicación) de la curvatura vertical y horizontal. Los cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la curvatura horizontal tienden a sobrellevar depresiones no visibles al conductor.

No es consistente comenzar o terminar una curva horizontal cerca de la cresta de una curva vertical, ya que esta situación genera confusión en el conductor especialmente durante la noche. Es aconsejable que la curva horizontal dé mayor longitud y guíe a la curva del alineamiento vertical.

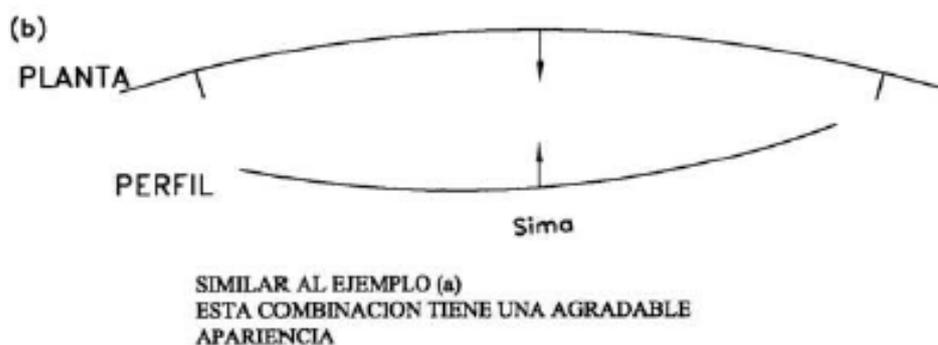
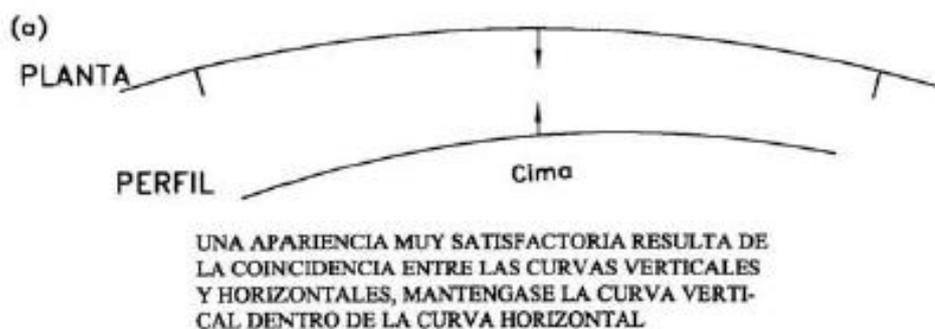
Para situaciones de drenaje, las curvaturas horizontales y verticales deben estar alineadas de modo que no se omita una inclinación transversal suficiente durante la transición de peralte.

Para obtener una adecuada combinación entre alineamientos, el MTOP recomienda las siguientes consideraciones:

- Evitar un alineamiento horizontal comprendido por tangentes y curvas de grandes radios acompañados de pendientes extensas y pronunciadas; además de alineamientos de curvas pequeñas vinculadas a pendientes casi planas.
- No involucrar curvas horizontales agudas próximas a la cresta de las curvas verticales convexas empinadas. Esta situación se puede contrarrestar haciendo que la curvatura horizontal sea mayor a la vertical.
- Evitar curvas horizontales aguas próximas a la cresta de las curvas verticales cóncavas empinadas.

- En carreteras de 2 carriles es necesaria dotarlas de tramos para rebasamiento de vehículos a intervalos frecuentes, a fin de evitar que los conductores invadan carril contrario.
- Es importante la provisión de curvas de grandes radios y de gradientes suaves, a la medida que sea factible en la vecindad de las intersecciones de carreteras.

### 3.5.1 Formas de buen diseño

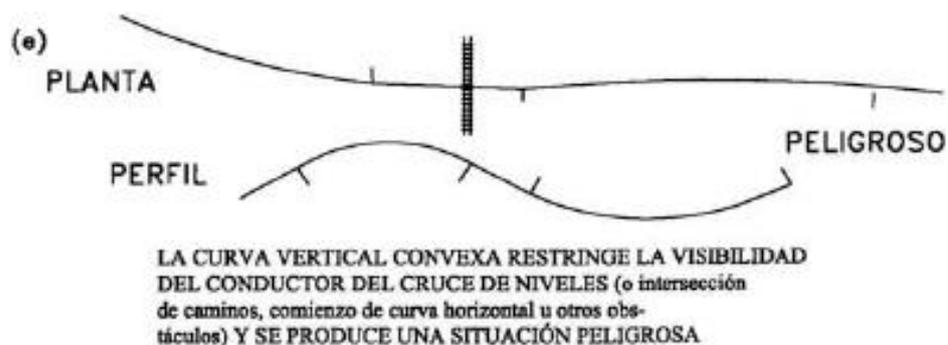




**Figura 3.8** Favorable combinación del alineamiento horizontal y vertical.

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

### 3.5.2 Formas de mal diseño



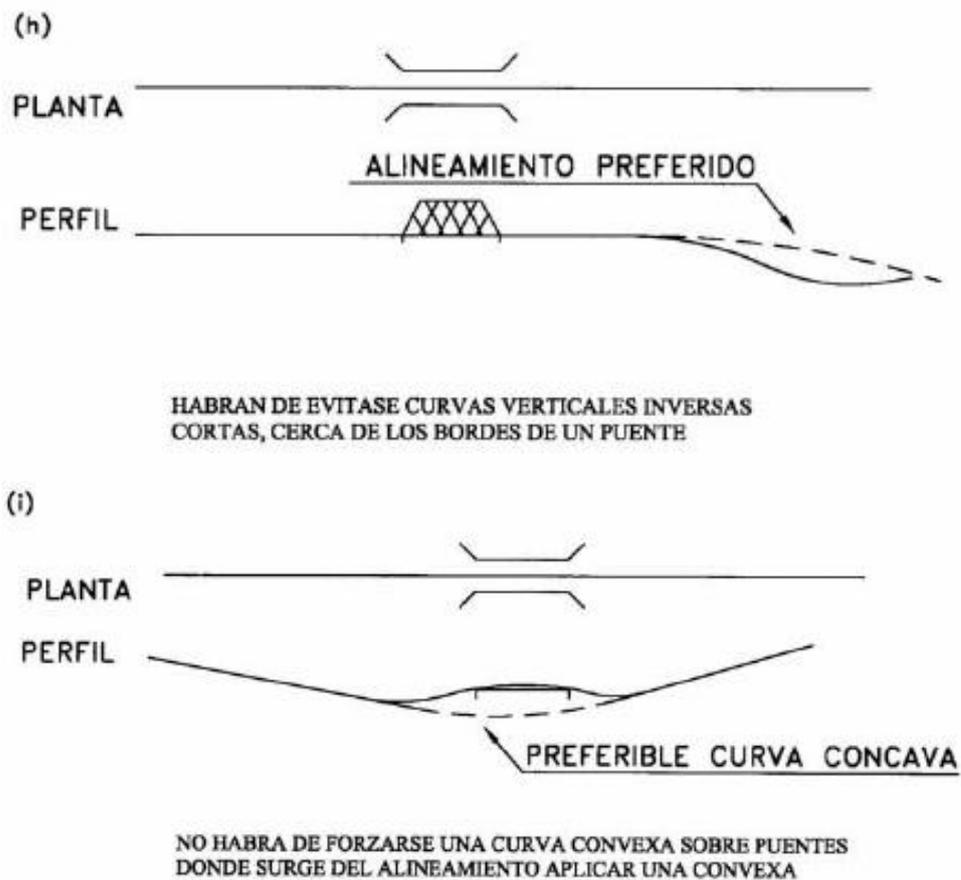


**Figura 3.9** Desfavorable combinación del alineamiento horizontal y vertical.

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

### 3.5.3 Formas de mal diseño y con método de corrección





**Figura 3.10** Soluciones de problemáticas entre alineamientos.

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

### 3.6 Consideraciones Especiales para Diseño en Zonas Inundables

En las situaciones donde una carretera se ubica transversalmente sobre las escorrentías naturales de agua de un sector y, el caudal de drenaje de los puentes y alcantarillas no abastece la evacuación, la vía adopta el comportamiento de presa y el terraplén funciona como dique.

Cuando aquello ocurre, surgen diversos efectos:

- Durante los periodos de estiaje (sequías) el caudal que circula por los ríos y arroyos escurre sin dificultad por las desembocaduras naturales y por las obras de drenaje construidas por el hombre.
- Sin embargo, en épocas de avenidas (crecidas del río) se producen remansos debido a los altos niveles de agua llegando a la posibilidad de generar mayor inundación en las áreas afectadas que delimita el terraplén.
- Cuando la capacidad hidráulica de los puentes y alcantarillas es mucho menor que la requerida o, la avenida sobrepasa críticamente los caudales de diseños de estas obras, el volumen de agua retenido necesita de mayor tiempo para su escorrentía y por lo tanto las inundaciones son más prolongadas.
- Esta situación incluso podría superar los niveles de la rasante de la vía y el agua verterse sobre el terraplén, produciendo graves daños sobre el mismo además de los puentes y alcantarillas; ya que la velocidad del flujo se vería alterado debido al cambio de niveles aguas arriba y aguas abajo de las estructuras.

- Por esta razón, basados en la topografía del terreno y reconocimiento de los recursos hídricos del sector de estudio, se decide que al diseño del carretero se le debe de incorporar de una solución técnica que proteja al pavimento y que garantice el servicio de la obra en su periodo de diseño, que se evite de estar ejecutando obras de mantenimiento frecuentemente y, en el peor de los casos que las estructuras llegasen a colapsar.

Para nuestro proyecto, se deberá de dar seguridad al pavimento sobre este efecto.

- Diseño del canal de la cuneta del pie de talud, aguas arriba, que permita un adecuado encausamiento del agua hacia las alcantarillas.
- Un estudio de la calidad del suelo en la franja donde se ubicará el terraplén, a fin de determinar si este material es apto para su construcción mediante préstamo lateral; o si el terraplén debe ser construido con material importado, en cuyo caso se analizará las fuentes de materiales y su transporte; no se debe dejar de tomar en cuenta el empleo de geotextiles o geomembranas.

### **3.7 Sección Transversal Típica**

El TPDA y la topografía del terreno son los parámetros fundamentales que rigen prioritariamente la aceptación de la Sección Transversal Típica para una carretera. En la selección de las secciones transversales deben analizarse el beneficio directo e indirecto a los usuarios, la seguridad vial, costos de mantenimiento del proyecto y la proyección de la obra.

De acuerdo a los cálculos desarrollados en el estudio de tránsito, se determinó que se obtendría un TPDA de 2 796 veh/día en un periodo de diseño de 20 años. Con este parámetro se concluyó en base a la clasificación funcional por desempeño de carreteras, que el ancho de sección del proyecto corresponderá a una Carretera de Mediana Capacidad (C1); la misma que presenta los detalles que se estudiarán a continuación.

#### **3.7.1 Ancho de Calzada**

Este parámetro está determinado a partir del volumen de tráfico proyectado, de la dimensión del vehículo diseño y de las características del terreno.

Para el caso de un alto volumen de tráfico o elevada velocidad de diseño, se establece la provisión del máximo ancho de calzada económicamente factible para carreteras. En cambio, para un bajo volumen de tráfico o baja velocidad de diseño, el ancho de la carpeta de rodadura debe ser el mínimo permisible.

En la tabla XXXI, el MTOP indica los valores de diseño para el ancho de calzada en función de los volúmenes de tráfico:

**Tabla XXX.** Ancho de Calzada para Carreteras.

ANCHOS DE LA CALZADA		
Clase de Carretera	Ancho de la Calzada (m)	
	Recomendable	Absoluto
R-I o R-II > 8000 TPDA	7,30	7,30
I 3000 a 8000 TPDA	7,30	7,30
II 1000 a 3000 TPDA	7,30	6,50
III 300 a 1000 TPDA	6,70	6,00
IV 100 a 300 TPDA	6,00	6,00
V Menos de 100 TPDA	4,00	4,00

**Fuente:** MTOP- Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

Para el diseño del carretero del proyecto se empleará un valor de calzada recomendable, es decir, de 7.30 m de ancho. Se proyecta que el Tráfico Generado (Tg) de la nueva vía atraiga el interés de usuarios con vehículos tipo remolques (R) debido a las condiciones

de mejoras del transporte; y se necesita proporcionarles de un ancho de circulación seguro para su operación.

La calzada estará vinculada a una inclinación transversal o bombeo del 2%, con el objetivo de facilitar escurrimiento del agua. Según el MTOP, este gradiente transversal es adecuado para una vía Colectora clase II.

**Tabla XXXI.** Gradiente Transversal de la Capa de Rodadura.

Clase de Carretera				Tipo de Superficie	Gradiente Transversal (Porcentaje)
R - I o R - II	Mas	de	8000 TPDA	Alto Grado estructural: concreto asfáltico u hormigon	1,5 - 2
I	3000	a	8000 TPDA	Alto Grado estructural: concreto asfáltico u hormigon	1,5 - 2
II	1000	a	3000 TPDA	Grado estructural Intemedio	2
III	300	a	1000 TPDA	Bjo Grado estructuralDoble Tratamiento Superficial Bituminoso	2
IV	100	a	300 TPDA	Grava o D.T.S.B	2,5 - 4
V	Menos	de	100 TPDA	Grava, Empedrado, Tierra	4

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

### 3.7.2 Espaldones

Son espacios adicionales que se provee al pavimento para que cumpla las siguientes funciones:

- Espacio para el estacionamiento provisional de vehículos fuera de la superficie de circulación, a fin de evitar accidentes.
- Sensación de amplitud al conductor para mayor facilidad de operación, liberando posible tensión nerviosa.
- Mejoramiento de distancia de visibilidad en curvas horizontales.
- Mejoramiento de la capacidad de la carretera, contribuyendo a mantener la velocidad constante.
- Confinamiento del pavimento.
- Espacio disponible para la señalización vial.
- Reductores de la infiltración de agua hacia las capas del pavimento.
- Mayor estética de la carretera.

El MTOP establece en base al tipo de carretera, las siguientes dimensiones para los espaldones de una vía:

**Tabla XXXII.** Dimensiones de Espaldones de Carreteras.

VALORES DE DISEÑO PARA EL ANCHO DE ESPALDONES (Metros)						
Clase de Carretera	Ancho de Espaldones (m)					
	Recomendable			Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
R-I o R-II > 8000 TPDA	3,0 *	3,0 *	2,5 *	3	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)						

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

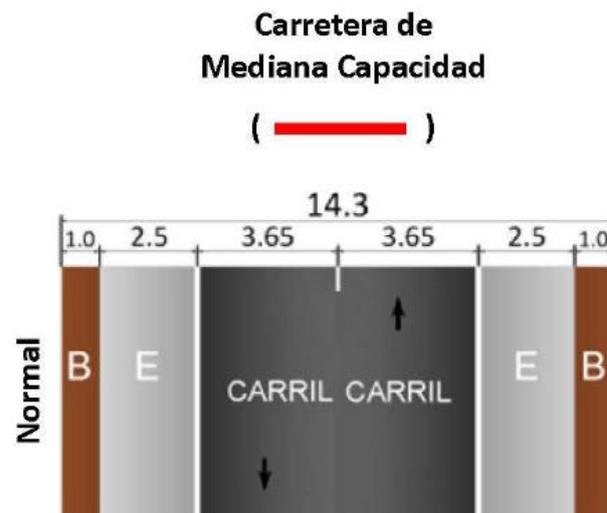
Adicionalmente, los espaldones deben estar provistos de un gradiente transversal para el escurrimiento de aguas lluvias, que se muestran en la tabla:

**Tabla XXXIII.** Gradientes Transversales para Espaldones.

GRADIENTE TRANSVERSAL PARA ESPALDONES (PORCENTAJES)		
Clase de Carretera	Tipos de Superficie (m)	Gradiente Transversal %
R-I o R-II > 8000 TPDA	Carpeta de concreto asfáltico	4,00
I 3000 a 8000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o carpeta	4,00
II 1000 a 3000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o superficie estabilizada	4,00
III 300 a 1000 TPDA	Superficie estabilizada, grava	4,00
IV 100 a 300 TPDA	D.T.S.B. O capa granular	4,00

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

Finalmente, la Nevi-12 propone una sección de iguales características que el MTOP.



**Figura 3.11** Figura. Carretera de mediana capacidad.  
Fuente: NEVI-12- Norma para Estudios Viales, 2012

### 3.7.3 Taludes Interiores

Los taludes en corte y relleno son fundamentales en la seguridad y estética de una carretera. El diseño de los taludes generalmente viene regido por las condiciones mecánicas del suelo y de las características de la geometría, aunque en algunos casos deben modelarse con la menor pendiente económicamente permisible.

En terrenos planos, frecuentemente el volumen de corte y relleno constituyen relativamente un pequeño porcentaje dentro del costo

de construcción. El MTOP recomienda los siguientes taludes en la tabla XXXVII:

**Tabla XXXIV.** Valores de Diseño Recomendables de los Taludes en Terrenos Planos.

VALORES DE DISEÑO RECOMENDABLES DE LOS TALUDES EN TERRENOS 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

**Fuente:** MTOP, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003.

Donde:

C: Corte

R: Relleno

\*: Horizontal

\*\* : Vertical

Sin embargo, en el proyecto se adoptará un talud de relleno con pendiente 0.25:1, ya que al terraplén se le aplicará una técnica de estabilización, con el objetivo de proteger al pavimento ante la erosión de sus taludes.

Debido a que el proyecto será diseñado para que funcione a modo de dique, no existirán considerables tramos de corte.

#### **3.7.4 Cunetas**

Las cunetas son canales artificiales construidos en secciones de corte del terreno, con el objetivo de recolectar las aguas lluvias provenientes del escurrimiento a través de la carpeta de rodadura y, de direccionarlas a una zona de evacuación segura.

En sectores de características topográficas montañosas se suele implementar la cuneta a 30 cm de profundidad respecto a la rasante y no de la subrasante pero, con la necesidad de revestirlas para proteger el pavimento del carretero.

En el caso de nuestro proyecto, el diseño del corredor no involucró un volumen de corte representativo por lo cual se ha decidido no proveer de este elemento de drenaje al carretero, pero en el próximo capítulo se estudiará la técnica de protección del pavimento ante los flujos de aguas lluvias.

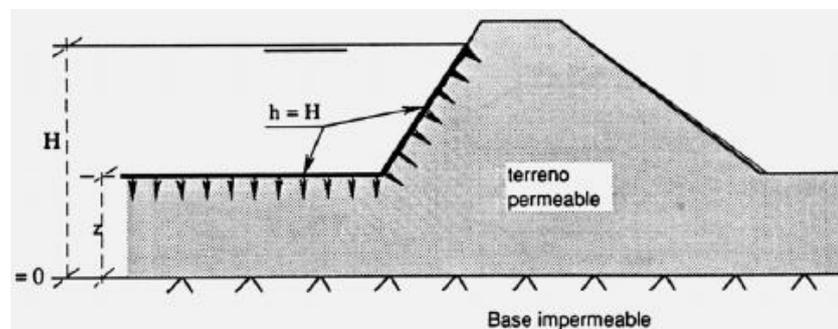
**CAPÍTULO 4**  
**SELECCIÓN DE ALTERNATIVA Y DISEÑO**  
**ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO**

## 4.1 Selección de Alternativa de Diseño

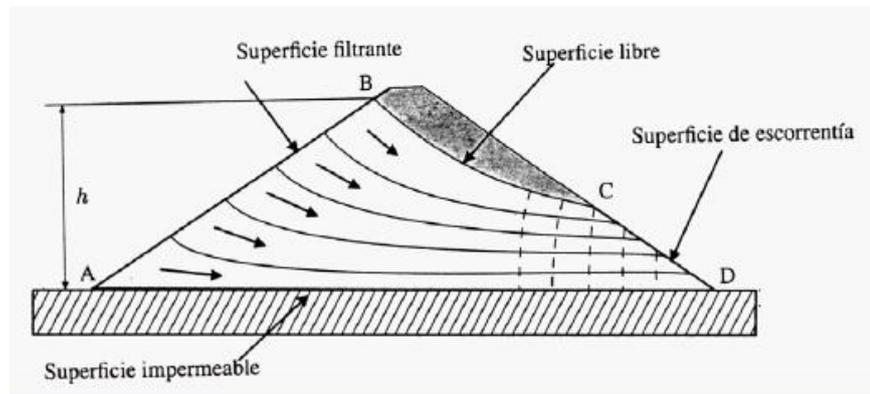
### 4.1.1 Alternativa 1

Planteamiento:

- Terraplén convencional, proporcionando más altura de relleno para la conformación del dique.
- Altura del relleno comprendida entre 4 m a 7 m.
- Estructura de Pavimento: rodadura=10cm, base=20cm, sub-base=50 cm.



**Figura 4.1** Alternativa 1: Terraplén convencional.  
**Fuente:** Física y Mecánica de Construcciones ETSAM.



**Figura 4.2** Alternativa 1: Líneas de flujo.  
**Fuente:** Física y Mecánica de Construcciones ETSAM

Impacto:

- Elevado requerimiento de material de relleno.
- Alta concentraciones de material particulado debido a los mayores volúmenes de movimiento de tierra.
- Sistema tradicional que no garantiza un servicio duradero de la vía.

Problemas:

- La superficie de escorrentía incide en la desestabilización del dique.
- Genera una superficie de falla en el terraplén.
- Erosión interna de los canales de flujo creando vacíos.
- Problemas de erosión de taludes a través del tiempo.
- Degradación, bombeo y escalonamiento de las capas de soporte del pavimento.

- Desprendimiento de material granular hacia los cuerpos de agua.
- Tubificación debido a la presencia del nivel freático.

#### 4.1.2 Alternativa 2

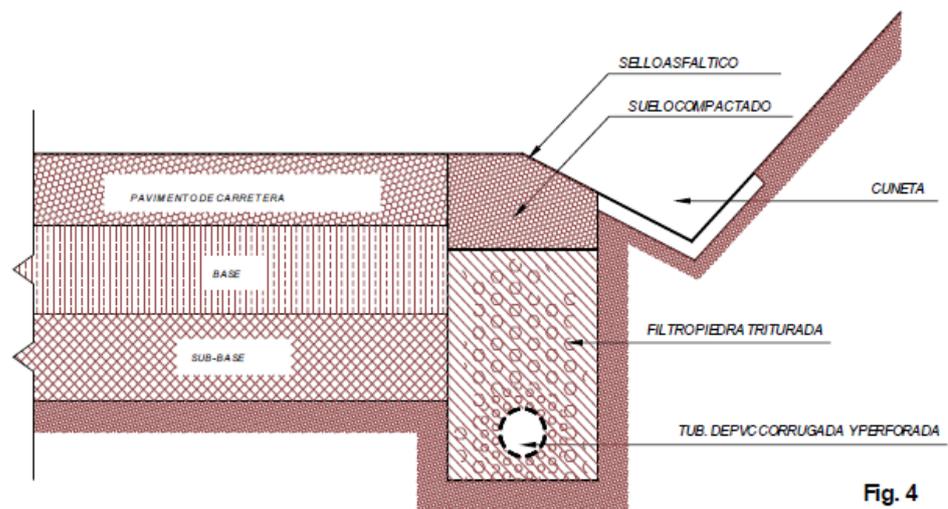
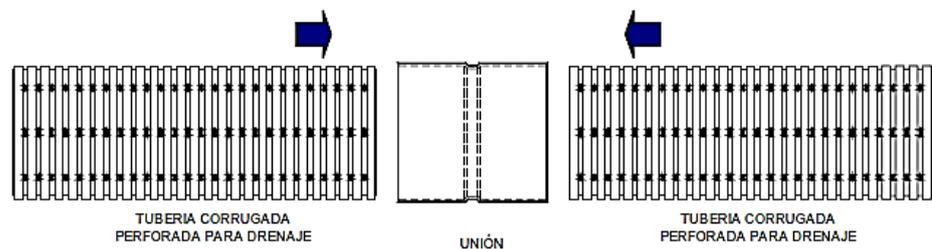
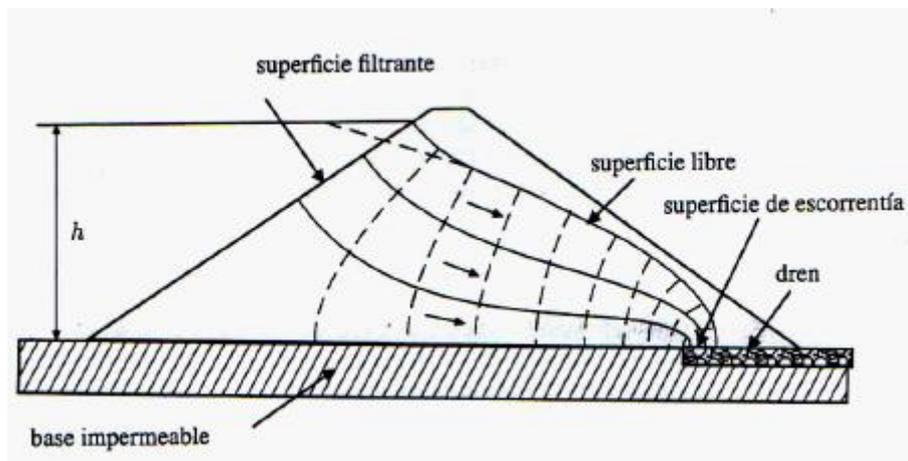


Fig. 4

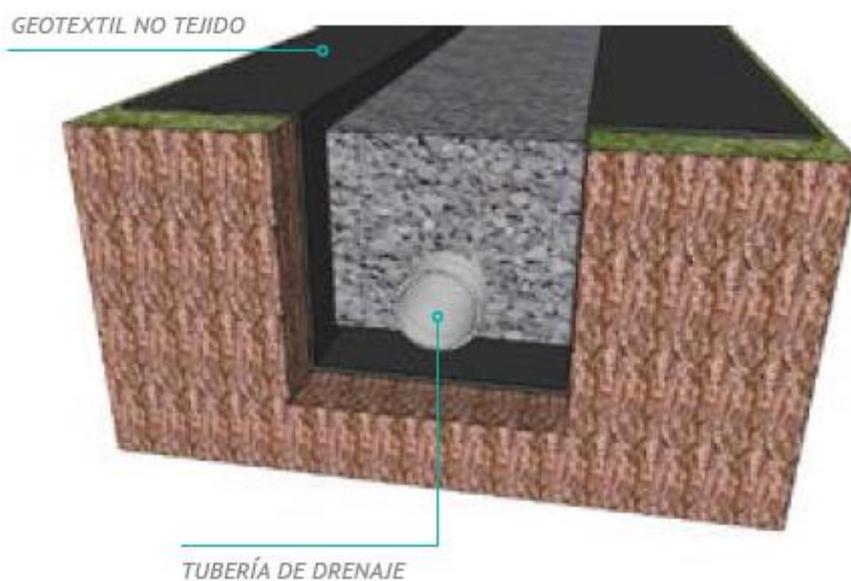
**Figura 4.3** Alternativa 2: Terraplén con sub drenes tipo francés.  
**Fuente:** Especificaciones Amanco, Plastigama.



**Figura 4.4** Alternativa 2: Tubería perforada para sub drenes tipo francés.  
**Fuente:** Especificaciones Amanco, Plastigama.



**Figura 4.5** Alternativa 2: Líneas de flujo.  
**Fuente:** Física y Mecánica de Construcciones ETSAM.



**Figura 4.6** Alternativa 2: Sub drenaje tipo francés.  
**Fuente:** Sistemas de Sub-drenajes, PAVCO.

Planteamiento:

- Emplear sub dren tipo francés para derivar las fuentes agua.

#### Mejoras:

- Captación, conducción y evacuación de las aguas de forma controlada.
- Altura del relleno comprendido entre 4 m a 6 m.
- Estructura Pavimento: rodadura=10cm, base= 15cm, sub-base= 50 cm.

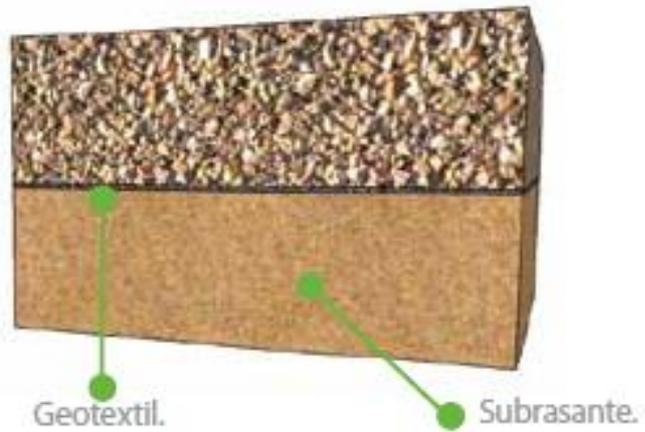
#### Impacto:

- Disipa el nivel freático manteniéndolo a una altura favorable de la capa de rodadura.
- Encausa el agua proveniente de la escorrentía superficial.
- Corta corrientes de agua subterránea impidiendo que alcancen inmediaciones del pavimento.

#### Problemas:

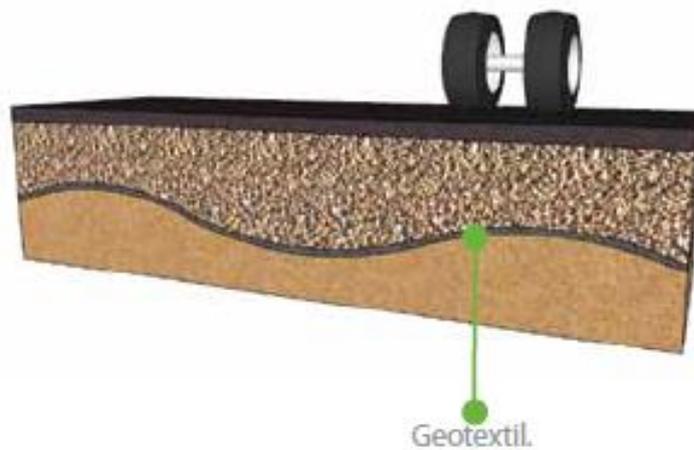
- Instalación de sub dren.
- Alto volumen de excavación y de empleo de material granular.
- Alto costo y mantenimiento del sistema de drenaje.

### 4.1.3 Alternativa 3



**Figura 4.7** Alternativa 3: Refuerzo del suelo con geotextil.

**Fuente:** Soluciones con Geo textiles, PAVCO.



**Figura 4.8** Alternativa 3: Comportamiento del geotextil.

**Fuente:** Soluciones con Geo textiles, PAVCO.



**Figura 4.9** Alternativa 3: Terraplén constituido por tierra armada.

**Fuente:** Soluciones con Geo textiles, PAVCO.

Planteamiento:

- Refuerzo de suelo con geotextil y geomembrana sintética.

Mejoras:

- Confinamiento de las capas de suelo evitando el lavado de material de finos.
- Mejor amortiguamiento de esfuerzos transmitidos por las cargas de tránsito.
- Refuerzo a la capacidad portante de la estructura del pavimento.
- Debido a su alta permeabilidad el geotextil actúa como un colchón drenante.
- Retarda la aparición de fisuras en la carpeta asfáltica.

- Conformación de banquetas a modo de estructura de contención.
- Evita la erosión de los taludes del terraplén.

#### Impacto:

- Reduce los espesores de las capas del pavimento.
- Buen comportamiento estructural de la vía ante situaciones de saturación.
- Rápida escorrentía y evacuación de aguas debido a la alta permeabilidad de la vía.
- Conformación de un dique estabilizado.

#### Problemas:

- La exposición directa a los rayos UV degrada más rápido a los geosintéticos hechos de polipropileno.
- Un incorrecto sistema de anclaje de los geosintéticos produce deficiencia del drenaje y de la aportación estructural.

#### 4.1.4 Análisis de Alternativa

**Tabla XXXV.** Criterios para la selección de alternativa.

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1	Solución ampliamente utilizada	Se generan procesos de inestabilidad
	Costos iniciales relativamente bajos	Daños severos en la calzada
		Mantenimiento muy frecuente
2	Se controla el drenaje del pavimento	Los espaldones pueden sufrir erosión
	Se mejora la vida útil	El costo inicial es relativamente alto
		Se requiere mantenimiento costoso
3	El cuerpo del terraplén es casi vertical	Ésta técnica no está muy difundida en el país
	Se facilita el drenaje	El costo inicial es relativamente alto
	Se evita la erosión y deslizamientos	El constructor debe ser especializado
	Tiene mayor vida útil requiere menor mantenimiento	

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

La principal restricción que presenta el proyecto consiste en el espacio limitado que se tiene para el trazado del carretero. La franja topográfica de estudio atraviesa piscinas camaroneras y recursos hídricos que dificultan la implantación del carretero.

El embalse de agua es una condición primordial que debe ser considerada en el diseño de la nueva vía.

En la alternativa 1 se plantea la conformación de un dique tradicional debido a la necesidad de privar a la estructura del pavimento del alcance de los flujos de agua. En consecuencia, se destaca el excesivo requerimiento de material de relleno.

En la alternativa 2, el empleo del sub dren tipo francés mejoraría la captación, conducción y evacuación de los flujos de agua infiltrados, sin embargo, la exigencia de considerables cantidades de material granular triturado es un factor que encarece al proyecto. La implementación de la tubería perforada también prolongaría el proceso de construcción de la obra debido a su trabajoso proceso de instalación.

En la tercera alternativa se evalúa la implementación de geotextil a las capas del pavimento para contribuir a la capacidad portante de la vía, así como de su eficiente drenaje. Este sistema permite desarrollar una carretera estructuralmente reforzada y estabilizada a una relación costo/beneficio relativamente baja respecto a los sistemas anteriores.

Un buen sistema de sub drenaje está relacionado con una mayor durabilidad y rentabilidad de las obras civiles, de hecho, el periodo de diseño de las vías depende en gran parte el tiempo en que el exceso de agua esté presente en su estructura.

Es por aquello, que finalmente se establece la alternativa 3 como modelo a adoptar para el desarrollo del proyecto, ya que se concluye que este sistema alcanza las más favorables características técnicas, económicas, ambientales y de servicio.

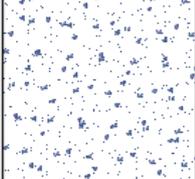
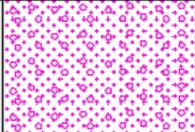
En la sección 4.5 se desarrolla el diseño de la alternativa seleccionada.

## **4.2 Geotecnia del suelo**

### **4.2.1 Estratigrafía del Suelo**

La información expuesta a continuación fue obtenida de sondeos geotécnicos pertenecientes al estudio de suelo realizado para la construcción de la Escuela del Milenio del cantón Balao, ubicada aproximadamente a 600 metros de la propuesta del nuevo acceso al puerto.

En el lugar se realizaron once perforaciones, donde se constató una estratigrafía uniforme. En general, el perfil estratigráfico del cantón Balao está conformado por capas de arcilla plástica y arenosa ambas de consistencia blanda, finalmente se encuentra un estrato de arena de compactación firme.

PROF.	COLUMNA ESTRATIGRAFICA	SUCS	DESCRIPCIÓN
2.0m		CL	Arcilla de color café y consistencia blanda.
6.0m		CH	Arcilla plástica de color gris consistencia muy blanda.
9.0m		SP	Arena de color gris y compactación relativa muy firme a densa.

**Figura 4.10** Perfil estratigráfico del suelo del cantón Balao.

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

Con los datos obtenidos en el campo y el laboratorio se ha preparado un cuadro de resumen de los ensayos realizados siguiendo las normas INEN y ASTM. En el cuadro se incluyen datos como el número de perforación con sus respectivas coordenadas, la profundidad de análisis y del nivel freático, la descripción del material encontrado, el Sistema Unificado de Clasificación de

Suelos (SUCS), la granulometría por lavado del pasante del tamiz # 200, los valores de resistencia (S.P.T.) de los estratos, la cohesión, el ángulo de fricción y la capacidad admisible.

La carga admisible en suelos finos cohesivos y friccionantes se obtiene a través del criterio de Resistencia al corte por falla local y asentamiento mediante la teoría de Karl Terzaghi para cimentaciones poco profundas y de tipo corridas. El factor de seguridad adoptado es de  $FS=3$ .

La capacidad admisible del suelo, una vez realizado el relleno de mejoramiento, y compactado es de  $0.70 \text{ Kg/cm}^2$ .

Adicionalmente, se adquirió información de un estudio geotécnico realizado en la urbe del cantón Balao, ubicado aproximadamente a 1.65 Kilómetros del nuevo acceso del proyecto y de coordenadas UTM:  $E=631451.36 \text{ m}$ ;  $N= 9677876.70 \text{ m}$ .

**Tabla XXXVI.** Cuadro resumen del estudio geotécnico (Escuela del milenio cantón Balao).

Nº CALICATA	COORDENADAS		NIVEL FREATICO (m)	PROF. ANALIZADA	DESCRIPCION DE MATERIAL	SUCS	# 200 %	N SPT	c T/m <sup>2</sup>	∅ °	q Kg/cm <sup>2</sup>
1	631998	9678764	- 0.76	4.00 - 4.50	Arcilla plástica	CH	81	1	0.63	1	0.23
2	631972	9678787	- 0.60	4.00 - 4.50	Arcilla plástica	CH	80	1	0.63	1	0.23
3	631992	9678811	- 0.62	4.00 - 4.50	Arcilla plástica	CH	89	1	0.63	1	0.23
4	632020	9678759	- 0.80	4.00 - 4.50	Arcilla plástica	CH	89	1	0.63	1	0.23
5	632039	9678782	- 0.92	4.00 - 4.50	Arcilla plástica	CH	95	1	0.63	1	0.23
6	632053	9678811	- 0.97	4.00 - 4.50	Arcilla plástica	CH	93	1	0.63	1	0.23
7	632069	9678833	- 0.95	4.00 - 4.50	Arcilla plástica	CH	96	1	0.63	1	0.27
8	632085	9678841	- 1.17	4.00 - 4.50	Arcilla plástica	CH	93	1	0.63	1	0.27
9	632046	9678861	-0.67	4.00 - 4.50	Arcilla plástica	CH	82	1	1.25	1	0.37
10	632024	9678881	- 0.80	4.00 - 4.50	Arcilla plástica	CH	96	1	0.63	1	0.23
11	632048	9678911	- 0.68	4.00 - 4.50	Arcilla plástica	CH	90	1	0.63	1	0.23

NOMENCLATURA	
N	Número de Golpes (SPT)
c	Cohesión
∅	Ángulo de fricción
q	Capacidad adm. del suelo

**Fuente:** Laboratorio de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones. Estudio de suelo para la construcción de la Escuela del Milenio cantón Balao.

**Tabla XXXVII.** Cuadro resumen del estudio geotécnico (Cimentación de una torre).

PROF (m)	CAMBIO DE ESTRATO	DESCRIPCION DE MATERIAL	MUESTRA		SUCS	$\omega$ %	LL %	LP %	IP %	# 4 %	# 10 %	# 40 %	# 200 %	N SPT
			#	PROFUNDIDAD										
1	0.10	Losa Hormigón												
2	1.50	Relleno												
3	2.50	Limo arenoso café oscuro	1	1,50 a 2,00	ML	29	25	22	3	100	100	98	76	4
4	3.50	Arena limosa café oscuro	2	2,50 a 3,00	SM	22	NP	NP	NP	100	98	81	33	4
5		Limo arenoso café oscuro	3	3,50 a 4,00	ML	40	31	24	7	100	100	92	70	4
6			4	4,50 a 5,00	ML	39	28	26	2	100	100	89	65	3
6			5	5,50 a 6,00	ML	37	30	26	4	100	100	95	72	5

FIN DE SONDEO

Nivel Freático= 2.80 m

NOMENCLATURA	
$\omega$	Humedad Natural
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
IP	Índice Plástico
N	Número de Golpes (SPT)

Fuente: Geocimientos, Estudio Geotécnico para el diseño de la cimentación de una torre.

### 4.3 Estructura del Pavimento Flexible

El pavimento flexible está constituido por capas superpuestas relativamente horizontales que se diseñan y construyen técnicamente con materiales seleccionados y adecuadamente compactados. Esta estructura descansa sobre la sub-rasante o terraplén, que deberá resistir los esfuerzos que las cargas repetitivas del tránsito transmiten desde la carpeta asfáltica durante el periodo para el cual fue diseñada la vía.

Las capas se encuentran dispuestas con materiales de mejor calidad a medida que se llega a la superficie del pavimento (de abajo hacia arriba), y sus espesores dependerán de la carga de Ejes equivalentes aplicada, así como de la calidad distributiva de esfuerzos de los materiales empleados.

#### ➤ TERRAPLÉN

Para la conformación del dique o terraplén se empleará material de relleno con característica granular y arenosa, libre de material orgánico y escombros. A continuación, se enlista los parámetros del material con los requisitos que debe cumplir según las especificaciones estipuladas en el MTOP.

**Tabla XXXVIII.** Parámetros del mejoramiento de la sub rasante.

Cantera:	San Carlos	
Descripción del material:	Canto rodado con arena.	
<b>Mejoramiento de la subrasante</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Especificación del MTOP</b>
TMA	Directo	20cm
WL	NP	≤ 35 %
IP (%)	NP	≤ 9 %
Densidad seca máxima	2 098 kg/m <sup>3</sup>	≥ 1 400 kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### ➤ SUB BASE

Se conoce como sub base a la capa compuesta por agregados obtenidos del proceso de trituración o de cribado con un tamaño máximo de 3". La sub-base se localiza entre la sub-rasante y la base granular en los pavimentos flexibles.

### **Análisis Granulométrico**

El método de ensayo empleado fue el Análisis por tamizado de agregados fino y grueso, de acuerdo con la Norma ASTM C 136. Este método de ensayo es usado para determinar la graduación de materiales propuestos para usarse como agregados o que están siendo usados como agregados.

El MTOP especifica que el material empleado para sub-base deberá tener una granulometría tal que todas las partículas pasarán por un tamiz de 3 pulgadas (76.2 mm) con abertura cuadrada, entre un 30-70 % pasarán por el tamiz No.4 (4.75mm); y no más de 20 por ciento pasará el tamiz N° 200 (0,075 mm), de acuerdo con el ensayo AASHO-T.11.

**Tabla XXXIX.** Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para subbase.

TAMIZ		SUBBASE CLASE 1		SUBBASE CLASE 2		SUBBASE CLASE 3	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
3"	76.2 mm						100
2"	50.4 mm	-	-		100		-
1 ½"	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

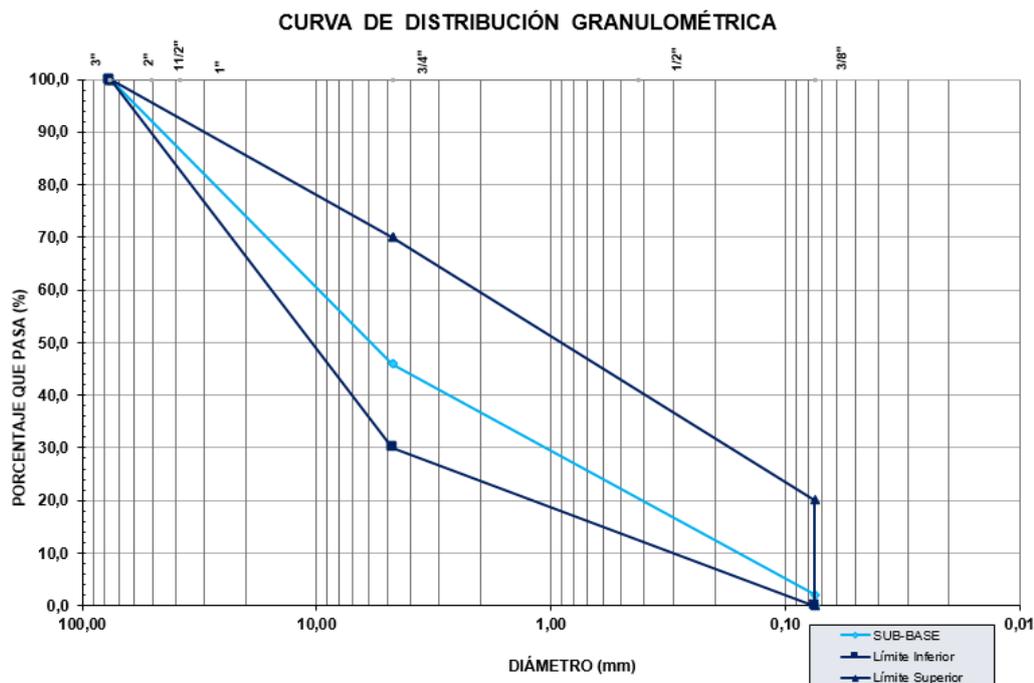
**Fuente:** Manual NEVI-12 Volumen 3, 2012.

**Tabla XL.** Análisis granulométrico (Material: canto rodado con arena).

TAMIZ		PESO RET. PARCIAL	% RET. PARCIAL	% RET. ACUM.	% PASANTE ACUM.	ESPECIF. MTOP
ASTM	mm.					
						CLASE 3
3"	100	0.0	0.0	0.0	100.0	100%
No. 4	4.75	2258.0	54.1	54.1	45.9	30-70
No. 200	0.08	1824.0	43.7	97.9	2.1	0% - 20%
<b>Total</b>		4171.0	gr.			

**Fuente:** Arcenales, C., Rivera, J., 2017.

Peso Húmedo + Recip. (g) =	4952,0	Cu =	32,3
Peso Seco + Recip. (g) =	4837,0	Cc =	0,3
Peso Recipiente (g) =	666,0		
Humedad (%)	2,8		



**Figura 4.11** Curva de distribución granulométrica  
(Material: canto rodado con arena).

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

Se observa en la gráfica, que el material cumple con la granulometría para ser empleado como Sub base Clase 3.

El suelo ensayado se clasifica según el SUCS como una grava mal graduada (GP), es decir, es una mezcla de grava y arena con poco finos. Sus propiedades más importantes son: alta permeabilidad en estado

compactado, buena resistencia al corte en estado compactado y saturado, y despreciable compresibilidad en estado compactado y saturado. De igual forma, según la clasificación AASHTO, se trata de un material granular, es decir grava y arena con un 20% o menos de finos (A-1-a). Estas propiedades lo vuelven un material de fácil tratamiento en obra y un terreno de fundación de excelente calidad.

**Tabla XLI.** Clasificación del suelo.

<b>CLASIFICACIÓN</b>	
SUCS	GP
AASHTO	A-1-a

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### **Límites de Atterberg**

De acuerdo con lo descrito en el ensayo granulométrico, el material de sub-base consiste en una mezcla de grava y arena con pocos finos de características no plásticas. Este material tiene una consistencia sólida tanto en estado seco como saturado, por lo cual su índice plástico es considerable nulo.

**Tabla XLII.** Límites de Atterberg.

<b>LÍMITES</b>	
<b>WL</b>	NP
<b>WP</b>	NP
<b>IP</b>	NP

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

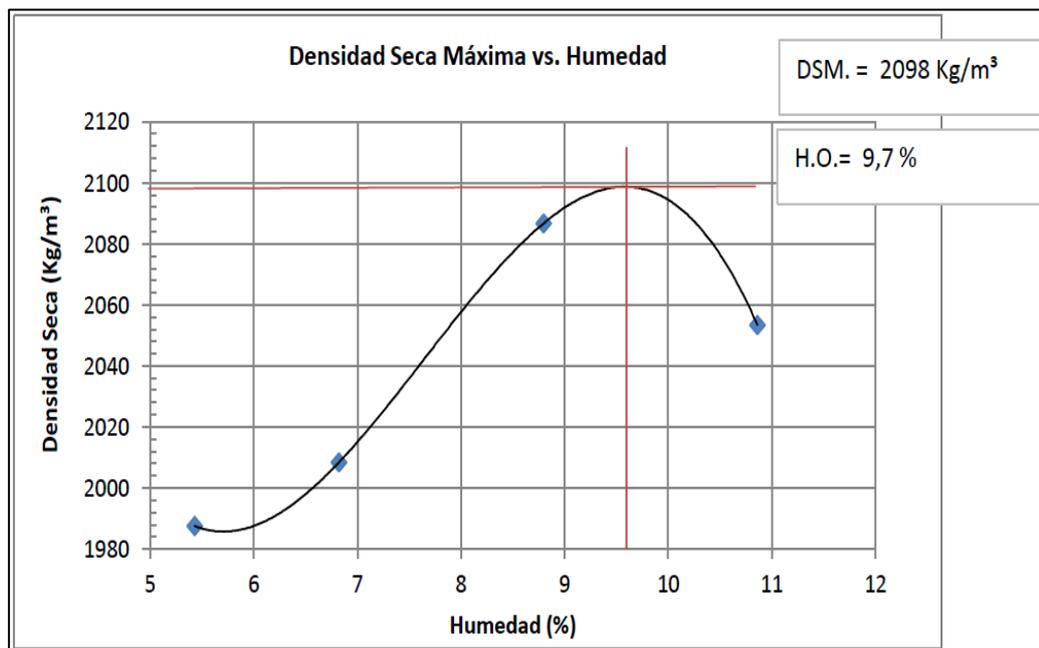
### Ensayo de compactación (Proctor Modificado)

El procedimiento AASHTO T180 para el ensayo Proctor Modificado método D, tiene como objetivo conseguir la máxima compacidad de un suelo o capa granular con una energía de compactación determinada, con el fin de evitar asientos una vez puesta en servicio la obra.

**Tabla XLIII.** Determinación del contenido de humedad y densidad.

DIÁMETRO DEL MOLDE: 6 pulg.		ALTURA DE CAIDA: 18 pulg.						
VOLUMEN: 2105 cm <sup>3</sup>		PESO DEL MARTILLO: 10 lbs.						
# DE CAPAS: 5		GOLPES POR CAPAS: 56						
TARA No.:	88	37	86	54	87	52	56	58
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO	176	176	204,7	195,7	193	197,5	189,9	200,9
PESO DE TARA + SUELO SECO	168,5	167,8	193,4	185	178,1	184,7	174,2	183,7
PESO DE AGUA	7,5	8,2	11,3	10,7	14,9	12,8	15,7	17,2
PESO DE TARA	23,7	23,4	32	23,9	23,7	23,6	23,9	31,2
PESO DE SUELO SECO	144,8	144,4	161,4	161,1	154,4	161,1	150,3	152,5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5,2	5,7	7	6,6	9,7	7,9	10,4	11,3
PROM. CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5,4		6,8		8,8		10,9	
PESO DE SUELO + MOLDE	10804		10909		11172		11185	
PESO DEL MOLDE	6393		6393		6393		6393	
PESO DEL SUELO EN EL MOLDE	4411		4516		4779		4792	
DENSIDAD HUMEDA (Kg/m <sup>3</sup> )	2095		2145		2270		2276	
DENSIDAD SECA (Kg/m <sup>3</sup> )	1988		2008		2087		2053	

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



**Figura 4.12** Densidad seca máxima vs humedad (Sub-base).  
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### Ensayo C.B.R (Valor soportante de los suelos)

Los materiales empleados en la construcción de subbases deben poseer una capacidad portante adecuada, y deben presentar como mínimo un CBR del 30%. A continuación, se muestran los resultados del ensayo siguiendo la norma ASTM D 1883.

<b>Molde No.</b>	1	2	3
<b>No. de Capas</b>	5	5	5
<b>No. de Golpes por capas</b>	56	25	12

**Tabla XLIV** Datos de densidades húmedas.

Molde No.	1		2		3	
	Antes de remojar	Después de remojar	Antes de remojar	Después de remojar	Antes de remojar	Después de remojar
<b>Peso muestra húmeda + Molde (Kg)</b>	13080	13134	12773	12905	13612	13828
<b>Peso del Molde (Kg)</b>	8393	8393	8347	8347	9280	9280
<b>Peso de Muestra Húmeda (Kg)</b>	4687	4741	4426	4558	4332	4548
<b>Volumen de la muestra (m<sup>3</sup>)</b>	0,00214	0,00214	0,00214	0,00214	0,00214	0,00214
<b>Densidad húmeda (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	2188	2213	2066	2128	2022	2123

Fuente: Arcenales, C., Rivera, J., 2017.

**Tabla XLV** Datos de contenido de humedad.

Molde No.	1			2			3		
	Fondo	Arriba	1" de arriba	Fondo	Arriba	1" de arriba	Fondo	Arriba	1" de arriba
<b>Peso de muestra húmeda+Tara (g)</b>	148,6	186,5	141,4	151,3	173,1	183,1	136,9	153,6	183,9
<b>Peso de muestra seca+Tara (g)</b>	137,0	171,7	129,3	139,9	160,6	167,8	126,5	142,8	166,3
<b>Peso del agua (g)</b>	11,6	14,8	12,1	11,4	12,5	15,3	10,4	10,8	17,6
<b>Peso de la tara (g)</b>	23,7	23,8	24,2	23,4	31,3	31,5	23,9	32,1	31,2
<b>Peso de la muestra seca (g)</b>	113,3	147,9	105,1	116,5	129,3	136,3	102,6	110,7	135,1
<b>Cont. de Humedad Promedio (%)</b>	10,2	10,0	11,5	9,8	9,7	11,2	10,1	9,8	13,0
<b>Densidad Seca (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1985	1989	1985	1882	1884	1913	1836	1843	1879

Fuente: Arcenales, C., Rivera, J., 2017.

**Tabla XLVI** Datos de esponjamiento (Hinchamiento).

	MOLDE No. 1			MOLDE No. 2			MOLDE No. 3		
	Lectura Indicador	Esponjamiento		Lectura Indicador	Esponjamiento		Lectura Indicador	Esponjamiento	
		Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
Día 1	0+002	0,002	0,04	0+001	0,001	0,02	0+001	0,001	0,02
Día 2	0+010	0,010	0,22	0+004	0,004	0,09	0+001	0,001	0,02
Día 3	0+010	0,010	0,22	0+004	0,004	0,09	0+001	0,001	0,02
Día 4	0+010	0,010	0,22	0+004	0,004	0,09	0+001	0,001	0,02

Fuente: Arcenales, C., Rivera, J., 2017.

Tabla XLVII Datos del C.B.R.

PENETRACIÓN	MOLDE No. 1			MOLDE No. 2			MOLDE No. 3		
	Carga de Ensayo		CBR corr.	Carga de Ensayo		CBR corr.	Carga de Ensayo		CBR corr.
pulg.	lb.	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	lb.	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	lb.	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>
0,000	0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0	
0,025	61,5	20,5		44,3	14,8		35,7	11,9	
0,050	130,6	43,5		104,7	34,9		70,2	23,4	
0,075	268,6	89,5		234,1	78,0		113,3	37,8	
0,100	449,8	149,9	350	354,9	118,3	180	165,1	55,0	125
0,200	1407,4	469,1		786,2	262,1		510,2	170,1	
0,300	2192,5	730,8		1355,6	451,9		898,4	299,5	
0,400	2874,0	958,0		1847,4	615,8		1312,5	437,5	
0,500	3469,3	1156,4		2166,6	722,2		1657,6	552,5	

Penetración
0,100

CBR (%)
35

CBR (%)
18

CBR (%)
12,5

Fuente: Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

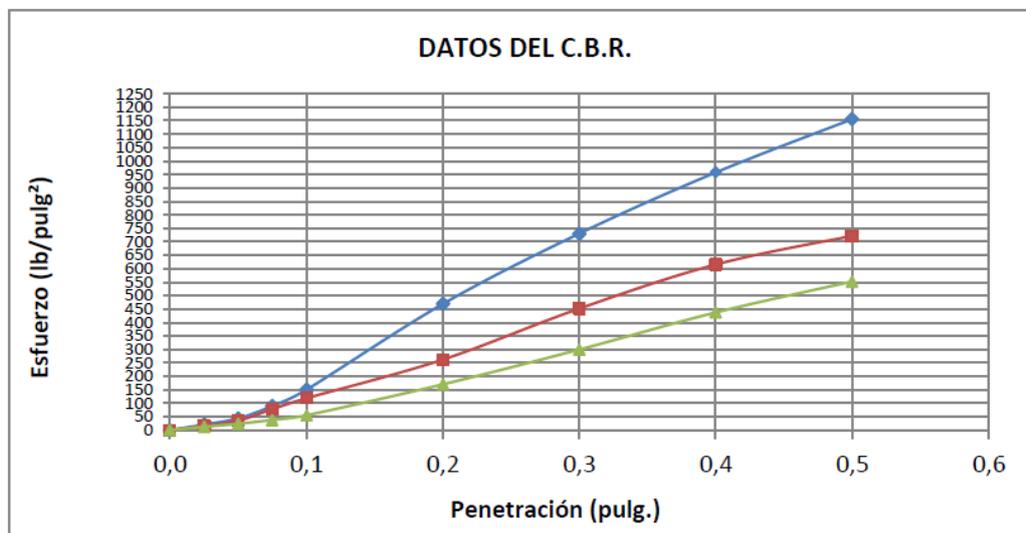
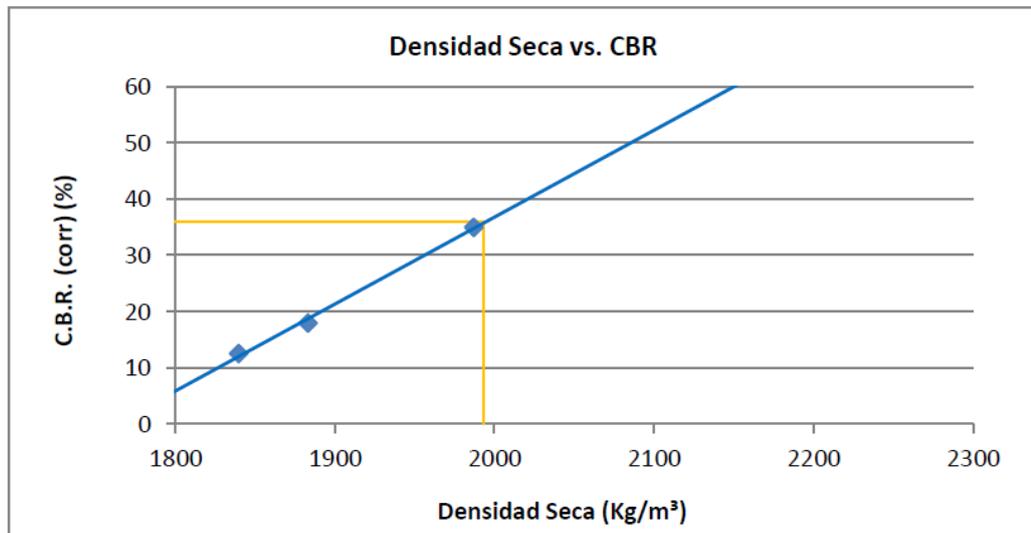


Figura 4.13 Esfuerzo vs Penetración.

Fuente: Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



C.B.R. (95%) = 36%

**Figura 4.14** Densidad Seca vs C.B.R.

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

El material se deberá compactar hasta que se haya asentado y estabilizado enteramente y alcanzando un nivel de compactación mínimo del 95% de la densidad seca máxima (DSC) obtenida mediante el ensayo de compactación modificado de acuerdo con la norma INEN.

#### ➤ BASE

Las capas de base están compuestas por agregados triturados y estabilizados con agregado fino procedente de la trituración. La capa de base se colocará sobre una sub-base previamente preparada y

cumpliendo los alineamientos, pendientes y sección transversal. La clase y el tipo de base serán en concordancia con el tipo de vía y su utilización.

**Tabla XLVIII** Recomendaciones para uso de material de base.

MATERIAL ESPECIFICADO	TIPO DE CARRETERA	No. CARRILES	TPDA
<b>BASE CLASE 1</b>	Para uso principalmente en aeropuertos y carreteras con intenso nivel de tráfico.	8 a 12	> 50.000
<b>BASE CLASE 2</b>	Carreteras de 2 hasta 6 carriles con un ancho mínimo por carril de 3.65m. Se incluye franja central desde 2 a 4m.	2 a 6	8.000–50.000
<b>BASE CLASE 3</b>	Vías internas de urbanizaciones con bajo nivel de tráfico.	2 a 4	1.000 – 8.000
<b>BASE CLASE 4</b>	Caminos vecinales.	2	<1.000

**Fuente:** Manual NEVI-12 Volumen 3, 2012.

Se empleará una Base Clase 3, constituida por cantos rodados triturados y cribados. Su distribución granulométrica se detalla continuación.

**Tabla XLIX** 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
¾"	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

**Fuente:** Manual NEVI-12 Volumen 3, 2012.

## Análisis Granulométrico

**Tabla L** Análisis granulométrico (Material: Canto rodado con arena).

TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFIC. M TOP
ASTM	mm.					
						BASE CLASE 3
2	50	0	0,0	0	100	100
1 1/2	37,5	2270	13,3	13,3	86,7	
1.00	25	1736	10,2	23,4	76,6	70-100
3/4	19	2779	16,2	39,7	60,3	60-90
1/2	12,5	1823	10,7	50,3	49,7	
3/8	9,5	1002	5,9	56,2	43,8	40-75
No. 4	4,75	1744	10,2	66,4	33,6	30-60
No. 10	2	1300,92	7,6	74	26	15-45
No. 40	0.425	2624,83	15,3	89,3	10,7	10-30
No. 200	0.075	1400,54	8,2	97,5	2,5	0-15
<b>TOTAL</b>		17103				

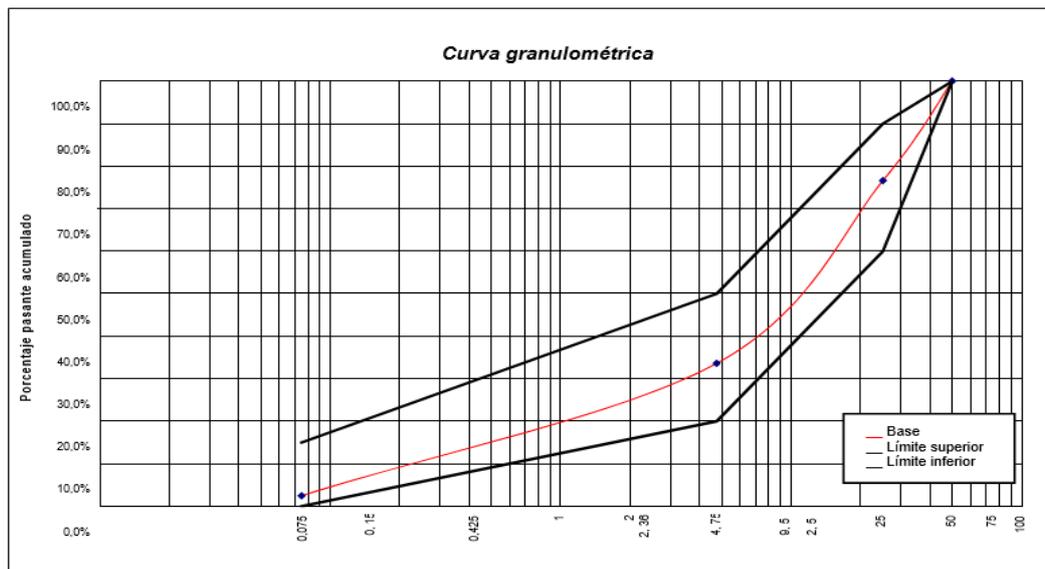
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

PESO ANTES DEL ENSAYO : 17103,00 g

PESO DESPUES DEL ENSAYO : 17103,00 g

MATERIAL PASANTE TAMIZ No. 200 : 422,71 g

Se observa en la gráfica a continuación, que el material cumple con la granulometría para ser empleado como Base Clase 3.



**Figura 4.15** Curva de distribución granulométrica (Material: canto rodado con arena).

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

El suelo ensayado se clasifica según el SUCS como una grava bien graduada (GW), es decir, es una mezcla de grava y arena con poco finos. Es un material permeable, tiene una excelente resistencia al corte en estado saturado, y despreciable compresibilidad en estado saturado. De igual forma, según la clasificación AASHTO, se trata de un material granular, es decir grava y arena con un 15% o menos de finos (A-1-a). Estas propiedades lo vuelve un material de excelente trabajabilidad.

**Tabla LI** Clasificación del suelo.

CLASIFICACIÓN	
SUCS	GW
AASHTO	A-1-a

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

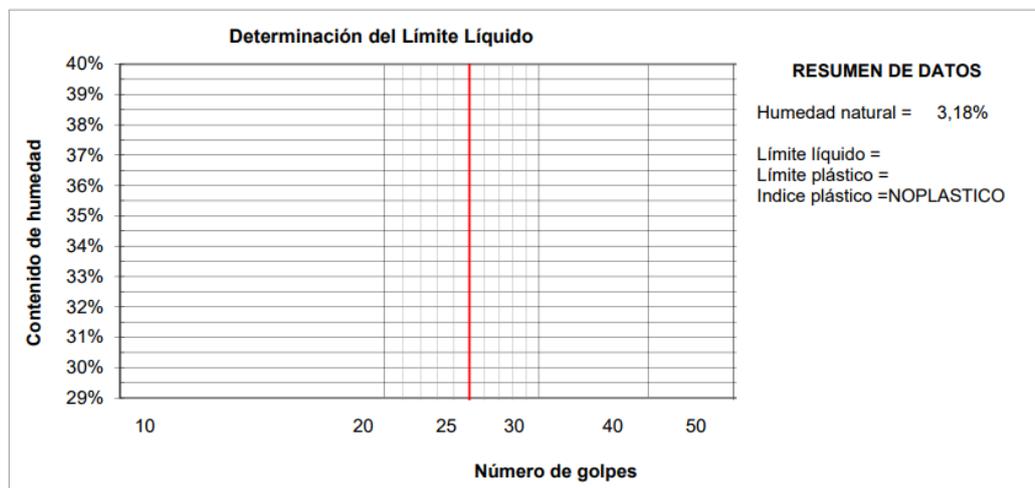
## Límites de Atterberg

De acuerdo con lo descrito en el ensayo granulométrico, el material de Base consiste en una mezcla de grava y arena con pocos finos de características no plásticas. Este material tiene una consistencia sólida tanto en estado seco como saturado, por lo cual su índice plástico es considerable nulo.

**Tabla LII Límites de Atterberg.**

LÍMITES	
WL	NP
WP	NP
IP	NP

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



**Figura 4.16** Contenido de humedad vs Número de golpes (Material: canto rodado con arena).

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

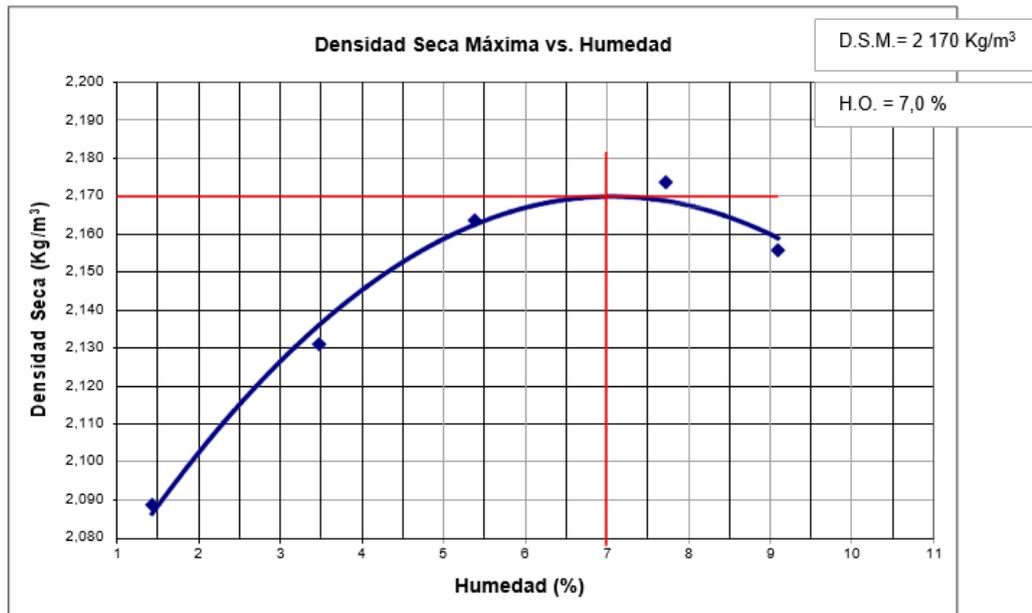
### Ensayo de compactación (Proctor Modificado)

El ensayo se efectuó bajo la norma AASHTO T180 Proctor Modificado método D.

**Tabla LIII** Determinación del contenido de humedad y densidad.

PESO MOLDE: 3771.0 g		ALTURA DE CAIDA: 18 pulg.								
VOLUMEN: 960.50 cm <sup>3</sup>		PESO DEL MARTILLO: 4.5 Kg								
# DE CAPAS: 5		GOLPES POR CAPAS: 25								
TARA No.:	70	77	80	82	71	79	63	67	61	75
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	115,1	124,1	122,3	123,5	133,5	133,1	130,4	131,9	134,8	134,4
PESO TARA + SUELO SECO	111,8	120,2	117,0	117,6	125,0	124,3	120,5	121,9	133,2	132,6
PESO DE TARA	12,8	12,6	12,7	12,7	12,6	12,5	12,6	12,4	12,4	13,7
PESO DEL SUELO SECO	98,9	107,6	104,3	104,9	112,4	111,8	107,9	109,6	120,7	118,9
PESO DEL AGUA	3,3	3,8	5,3	5,9	8,5	8,8	9,8	10,0	1,6	1,8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3,4	3,6	5,1	5,6	7,61	7,8	9,1	9,1	1,3	1,5
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	3,5		5,4		7,7		9,1		1,4	
MOLDE + SUELO HÚMEDO	5889		5961		6020		6030		5806	
PESO DEL SUELO HÚMEDO	2118		2190		2249		2259		2035	
DENSIDAD HÚMEDA (Kg/m <sup>3</sup> )	2205		2280		2341		2352		2119	
DENSIDAD SECA (Kg/m <sup>3</sup> )	2131		2164		2174		2156		2089	

**Fuente:** Arcenales, C., Rivera, J., 2017.



**Figura 4.17** Densidad seca máxima vs humedad (Base).  
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### ➤ CAPA DE RODADURA

Los cementos asfálticos son residuos de la destilación del petróleo y se caracterizan por permanecer en estado semisólido a temperatura ambiente. Los cementos asfálticos mezclados con agregados forman el hormigón asfáltico empleado en pavimentos.

### Agregados Gruesos

Los agregados gruesos deben cumplir con los siguientes requerimientos

**Tabla LIV** Requerimientos para agregados gruesos.

Ensayos	Requerimiento	
	Altitud (m.sn.m)	
	<3000	>3000
Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	12% máx	10% máx
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	18 máx	15% máx
Abrasión Los Ángeles	40% máx	35% máx
Índice de Durabilidad	35% mín	35% mín
Partículas chatas y alargadas	10% máx	10% máx
Caras fracturadas	Según Tabla 403-4.3	
Sales Solubles Totales	0,5% máx	0,5% máx
Absorción	1%	Según Diseño
Adherencia	+95	

**Fuente:** Manual NEVI-12 Volumen 3, 2012.

### Agregados Finos

Los agregados finos deben cumplir con los siguientes requerimientos, de acuerdo con la tabla 405-5.2:

**Tabla LV** Requerimientos para Agregados Finos

Ensayos	Requerimiento	
	Altitud (m.sn.m)	
	<3000	>3000
Equivalente de Arena	Según Tabla 403-4.4	
Angularidad del agregado fino	Según Tabla 403-4.5	
Adhesividad (Riedel Weber)	4% mín	6% mín
Índice de Plasticidad (malla N°40)	NP	NP
Índice de Durabilidad	35 mín	35 mín
Índice de Plasticidad (malla N°200)	Max 4	NP
Sales Solubles Totales	0,5% máx	0,5% máx
Absorción	0,50%	Según diseño

**Fuente:** Manual NEVI-12 Volumen 3, 2012

**Tabla LVI** Requerimientos para Caras Fracturadas

<b>Tráfico en ejes Equivalentes (millones)</b>	<b>Espesor de Capa</b>	
	<b>&lt;100 mm</b>	<b>&gt;100 mm</b>
≤3	65 / 40	50 / 30
> 3 – 30	85 / 50	60 / 40
> 30	100 / 80	90 / 70

**Fuente:** Manual NEVI-12 Volumen 3, 2012.

La notación “85/80” indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 80% tiene dos caras fracturadas.

**Tabla LVII** Requerimientos del equivalente de arena.

<b>Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)</b>	<b>Porcentaje de Equivalente Arena (mínimo)</b>
≤ 3	45
> 3 – 30	50
>30	55

**Fuente:** Manual NEVI-12 Volumen 3, 2012.

## **HORMIGÓN ASFÁLTICO**

**Tabla LVIII** Parámetros de los componentes del hormigón asfáltico AC-20.

Cantera:	Mina Río Jubones	
<b>Descripción del material:</b>	<b>Triturado 5/8</b>	
Clasificación del suelo:		
	Parámetros	Especificación del MTOP
Pasante 3/4 (%)	100%	
Pasante 1/2 (%)	68.7%	
Pasante 3/8 (%)	40.0%	
Pasante #4 (%)	6.2%	
Pasante #8 (%)	1.5%	
Pasante #50 (%)	0.7%	
Pasante #200 (%)	0.4%	
Peso específico de masa o BULK	2 657.5	
Peso específico de material superficialmente seco	2 690	
Peso específico aparente	2 746	
% Absorción	1.22	
Índice de partículas planas y alargadas	4 %	10% max
<b>Descripción del material:</b>	<b>Triturado 1/2</b>	
Clasificación del suelo:		
	Parámetros	Especificación del MTOP
Pasante 3/4 (%)	100%	
Pasante 3/8 (%)	84.9%	
Pasante #4 (%)	9.5%	
Pasante #8 (%)	0.8%	
Pasante #50 (%)	0.6%	
Pasante #200 (%)	0.3 %	
Peso específico de masa o BULK	2 538	
Peso específico de material superficialmente seco	2 603	
Peso específico aparente	2 712	
% Absorción	2.53	
Índice de partículas planas y alargadas	12 %	10% max
<b>Descripción del material:</b>	<b>Grava triturada</b>	
	Parámetros	Especificación del MTOP
% Abrasión	17.39 %	40% max
<b>Descripción del material:</b>	<b>Arena de trituración</b>	
Clasificación del suelo:		
	Parámetros	Especificación del MTOP
Pasante #4 (%)	89.5%	
Pasante #8 (%)	67.1%	
Pasante #50 (%)	15%	

Pasante #200 (%)	6.7 %	
Peso específico de masa o BULK	2 498	
Peso específico de material superficialmente seco	2 581	
Peso específico aparente	2 723	
% Absorción	3.31	
Media del equivalente de arena	70.4 %	45% min
% de vacíos (U)	48.65 %	
<b>Descripción del material:</b>	<b>Asfalto tipo AC-20</b>	
Consistencia	75 golpes	
Densidad C.A	1.016 gr/cm <sup>3</sup>	
Punto de Ablandamiento	46 °C	
Punto de inflamación	285 °C	
Temperatura de ensayo	130 °C	
Gsb	2 532 kg/cm <sup>3</sup>	
Gb	1 016 kg/cm <sup>3</sup>	
<b>Propiedad</b>	<b>% de asfalto</b>	
Máxima densidad BULK	6.60	
Máxima Estabilidad	6.20	
% de vacíos promedio (3 a 5)	6.40	
Promedio óptimo de C.A %	6.40	

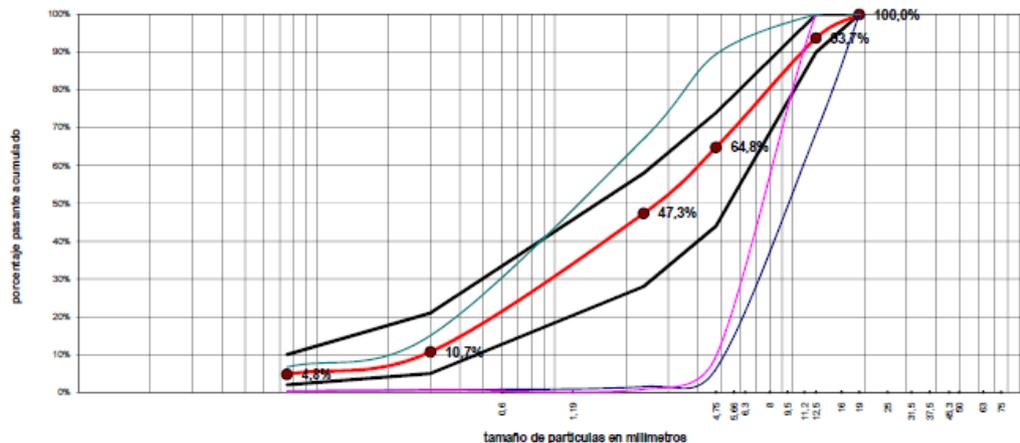
Fuente: SINOHYDRO

Designación de la mezcla de acuerdo con el MTOP

**Tabla LIX** Cuadro para calcular los porcentajes de tipos de agregados.

tamiz	tamaño en milímetros	porcentajes pasantes				Especificación		combinaciones sugeridas de mezcla				
		grava 5/8	GRAVA 1/2	Arena bit				20,0%	10,0%	70,0%	0,0%	0,0%
3/4	19	100,0%	100,0%	100,0%		100,0%	100,0%	100,0%				
1/2	12,5	66,7%	100,0%	100,0%		90,0%	100,0%	93,7%				
# 4	4,75	6,2%	9,5%	89,5%		44,0%	74,0%	64,8%				
# 8	2,36	1,5%	0,8%	67,1%		28,0%	58,0%	47,3%				
# 50	0,3	0,7%	0,6%	15,0%		5,0%	21,0%	10,7%				
# 200	0,075	0,4%	0,3%	6,7%		2,0%	10,0%	4,8%				

Fuente: MTOP.



**Figura 4.18** Curvas granulométricas.  
Fuente: SINOHYDRO.

#### 4.4 Diseño de Pavimento Flexible

La nueva vía de acceso hacia el puerto del cantón Balao se categoriza según su TPDA como una carretera de Clase II. El MTOP basándose en esta clasificación recomienda que, para una carretera de dos carriles con este antecedente de tráfico, la clase de pavimento sugerido es con hormigón asfáltico.

El método de diseño recomendado para pavimentos flexibles es el método AASHTO-93.

##### 4.4.1 Determinación de las Cargas Equivalentes Acumuladas en el período de diseño (Wt18)

Debido a la gran diversidad de la composición del tránsito (diferente peso y número de ejes) que circulan por un pavimento durante su vida de diseño, se utiliza una carga estándar denominada Eje Equivalente para efectos de cálculo. Los ejes equivalentes son la cantidad pronosticada de repeticiones de un eje de carga correspondiente a 18 kips (8,16 t = 80 kN) para un periodo determinado.

**Tabla LX** TPDA total por vehículo anual.

<b>Año</b>	<b>Período</b>	<b>Livianos</b>	<b>Pesados</b>
2017	1	171	55
2018	1	181	57
2019	1	191	59
2020	1	202	61
2021	1	212	63
2022	1	222	65
2023	1	233	67
2024	1	245	69
2025	1	257	71
2026	1	268	73
2027	1	280	75
2028	1	292	77
2029	1	305	79
2030	1	319	81
2031	1	332	83
2032	1	345	85
2033	1	359	87
2034	1	374	89
2035	1	389	91
2036	1	405	93
2037	1	421	95
TOTAL=		6003	1575
TPDA total por vehículo anual (x365) =		2.19E+06	5.75E+05

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

Para desarrollar el cálculo de la distribución del tránsito respecto al peso, se inicia asumiendo un número estructural de pavimento (SN) igual a 3 y un índice de servicio (Pt) de 2.5.

**Tabla LXI** Factores de equivalencia para diferentes valores de cargas por eje (1 kip = 453,592 kg).

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
6	0.011	0.017	0.017	0.013	0.01	0.009
8	0.032	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
10	0.078	0.102	0.118	0.102	0.088	0.08
12	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
14	0.328	0.358	0.399	0.388	0.36	0.342
16	0.591	0.613	0.646	0.645	0.623	0.606
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.3
24	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	7.49	6.98	5.9	5.21	5.39	5.98
30	10.3	9.5	7.9	6.8	7.00	7.8
32	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10
34	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
36	24.00	22.00	17.7	14.4	13.9	15.5
38	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19.00
40	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23
42	49.3	45	35.6	27.8	25.6	27.7
44	61.3	55.9	44.00	34.00	31.00	33.1
46	75.5	68.8	54	41.4	37.2	39.3
48	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
50	112.0	102.0	79.0	60.0	53.0	55.0

Fuente: AASHTO-93.

Para el cálculo se ha definido un 50% del TPDA del proyecto, debido a que el tráfico de la vía es en dos sentidos.

Adicionalmente, se asume que los vehículos que circularán por la nueva vía lo harán con la siguiente distribución de carga:

Liviano: 40% vacío y 60% cargado.

Camión de 2 ejes: 20% vacío y 80% cargado.

**Tabla LXII** Cálculo de Cargas Equivalentes Acumuladas en el período de diseño.

# Vehículos		Condición		Nº de ejes		Carga por eje (Kg)	Carga por eje (Kips)	Factor de ejes equivalent.	ESAL'S
Liviano	2.19E+06	V	40%	8.76E+05	D	1600	3.5	0.003075	1.80E+05
			40%	8.76E+05	T	3300	7.3	0.0391	
		C	60%	1.31E+06	D	2080	4.6	0.0079	
			60%	1.31E+06	T	4290	9.5	0.10125	
Pesado	5.75E+05	V	20%	1.15E+05	D	2500	5.5	0.01375	5.02E+06
			20%	1.15E+05	T	6000	13.2	0.331	
		C	80%	4.60E+05	D	6000	13.2	0.331	
			80%	4.60E+05	T	14500	32	10.5	
V: Vacío C: Cargado D: Delantero T: Trasero ESAL: Equivalent Simple Axial Load.							<b>TOTAL (100%)</b>		5.20E+06
							<b>TOTAL (50%)</b>		<b>2.60E+06</b>

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

#### 4.4.2 Parámetros de Diseño del Pavimento Flexible según AASHTO

'93.

El método de la AASHTO 1993 proporciona la siguiente ecuación con la finalidad de estimar el Número Estructural Total (SN), el mismo que debe satisfacer la estructura del pavimento.

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

[Ec. 4.1]

Las variables que participan en la ecuación son los siguientes:

*Wt18*: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el periodo de diseño (n).

*R*: Confiabilidad en el diseño.

La tabla permite obtener los niveles adecuados de Confiabilidad (R) para diferentes tipos de vías, clasificadas por la AASHTO, según su grado de servicio.

**Tabla LXIII Niveles Recomendados de Confiabilidad (R).**

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

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

$Z_R$ : Valores de en la curva normal para diversos grados de Confiabilidad.

**Tabla LXIV** Valores de en la curva Normal para diversos grados de Confiabilidad.

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

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

**So:** Desviación estándar del sistema.

**Tabla LXV** Valores Recomendados para la Desviación Estándar (So).

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

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

**MR:** Módulo Resiliente Efectivo (Ponderado).

La estimación del módulo de resiliencia de los materiales de fundación se realizará a partir de las ecuaciones de correlación que están incluidos en el software WinPAS (Pavement Analysis System), la estimación del MR se realizaran a partir del valor de CBR.

**Tabla LXVI** Correlaciones del WinPAS para estimar el Módulo de Resiliencia de la sub-rasante.

Para materiales de sub-rasante con:	Módulo Resiliente (lb/pulg <sup>2</sup> -psi-)
CBR ≤ 7,2%	$MR = 875,15 * CBR + 1\ 386,79$
7,2% > CBR ≤ 20,0%	$MR = 1\ 941,54 * (CBR)^{0.68}$
CBR > 20,0%	$MR = 11\ 253,50 * \ln CBR - 18\ 667,20$

**Fuente:** Software WinPAS (Pavement Analysis System).

De igual forma, para la estimación del módulo resiliente de bases y sub-bases granulares el software WinPAS cuenta con ecuación de correlación a partir del CBR.

**Tabla LXVII** Correlaciones del WinPAS para estimar el Módulo de Resiliencia de la Base y Sub-base.

<b>CBR</b>	<b>Módulo Resiliente (lb/pulg<sup>2</sup> -psi).</b>
CBR > 80%	MR(base) = 321.05 * CBR + 13 327 (psi)
CBR <= 80%	MR(sub-base) = 385,08 * CBR + 8 660 (psi)

**Fuente:** Software WinPAS (Pavement Analysis System).

**PSI:** Índice de serviciabilidad.

$$\Delta PSI = P_i - P_t \quad [\text{Ec. 4.2}]$$

$P_i$ : Índice de Servicapacidad Inicial, es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción.

$P_t$ : Índice de Servicapacidad Final, es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación.

° Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico.

$$Pt = 2.5 - 3.0$$

° Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas Interurbanas.

$$Pt = 2.0 - 2.5$$

° Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas.

$$Pt = 1.8 - 2.0$$

**Tabla LXVIII** Índice de serviciabilidad.

<b>Índice de Serviciabilidad (PSI)</b>	<b>Calificación</b>
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

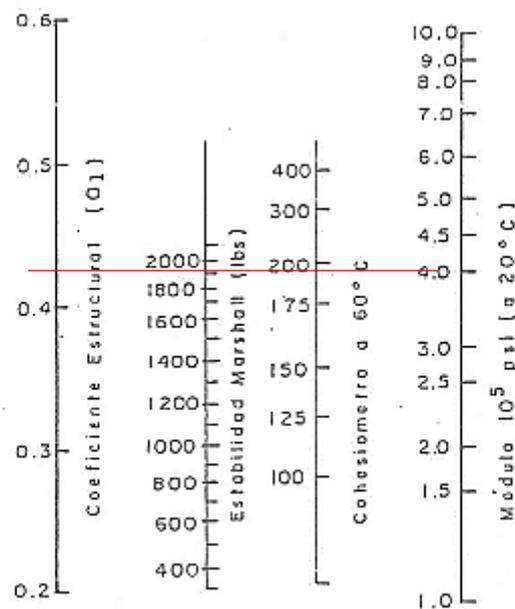
El método de la AASHTO 1993 proporciona la siguiente ecuación con la finalidad de calcular el Número Estructural Total (SNT) para la estructuración del pavimento.

$$SNT = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \quad [\text{Ec. 4.3}]$$

Las variables que participan en la ecuación son los siguientes:

$a_1, a_2, a_3$ : Coeficientes estructurales de los materiales.

$a_1 = a$  Rodadura

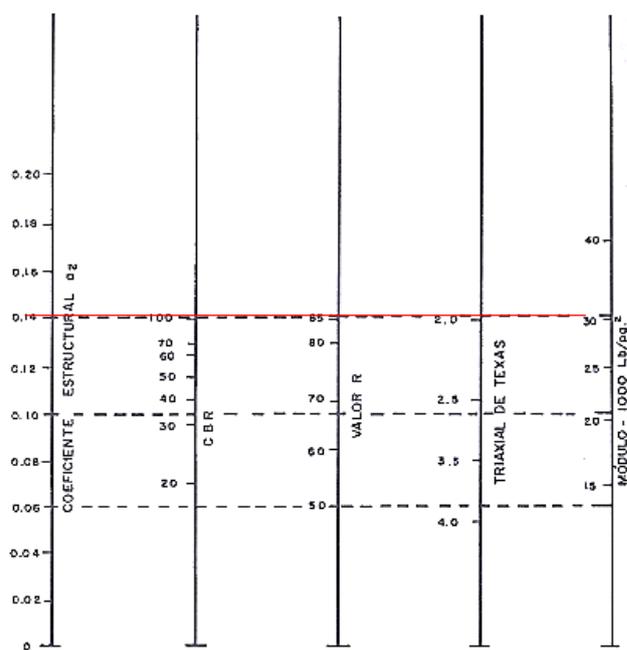


**Figura 4.19** Coeficiente estructural para capas de concreto asfáltico.

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

$$a_2 = a_{\text{base granular}} = 0.249^* \log (MR_{\text{base}}) - 0.977 \quad [\text{Ec. 4.4}]$$

Para esta ecuación debe tomarse en cuenta que el valor se acota en un máximo de 0.14.



**Figura 4.20** Coeficiente estructural para bases granulares no tratadas.

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

$$a_3 = a_{\text{sub-base}} = 0.227 \cdot \log(MR_{\text{sub-base}}) - 0.839 \quad [\text{Ec. 4.5}]$$

Para esta ecuación debe tomarse en cuenta que el valor se acota en un máximo de 0.13.



**Figura 4.21** Coeficiente estructural para sub-bases granulares no tratadas.

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

$m_2$ ,  $m_3$ : Coeficiente de drenaje de materiales granulares.

**Tabla LXIX** Valores recomendados del coeficiente de ajuste ( $m$ ) para los coeficientes estructurales de las capas de base y/o sub-bases no-tratadas.

Calidad de drenaje de la base o sub-base.	Porcentaje del tiempo durante el cual la estructura del pavimento está sometido a condiciones de humedad cercanas a la saturación.			
	Menos del 1%	Entre el 1 y 5%	Entre el 5 y 25%	Más del 25%
Excelente	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Buena	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80
Pobre	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Muy pobre	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

#### 4.4.3 Desarrollo del Pavimento Flexible

La estructura del pavimento para la nueva vía que conduce hacia el puerto del Cantón Balao estará constituida por Sub-Base, Base y Carpeta Asfáltica. El dimensionamiento se realizará con el método AASHTO-93 para pavimentos flexibles descrito anteriormente. Y considerando los espesores mínimos.

**Tabla LXX** Espesores mínimos sugeridos.

Número de ESAL's	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	3.0 cm	10 cm
50,000 - 150,000	5.0 cm	10 cm
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 - 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 - 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

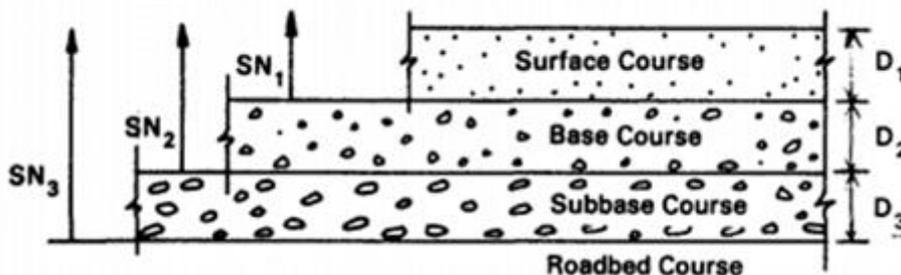
**Fuente:** Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.

A continuación, se presenta una tabla resumen con la información empleada para el dimensionamiento de los espesores de cada capa.

**Tabla LXXI** Datos empleados para el dimensionamiento del pavimento flexible.

<b>Capacidad Portante del suelo</b>	
CBR <sub>base</sub> =	81 %
CBR <sub>subbase</sub> =	36 %
CBR <sub>subrasante</sub> =	25%
<b>Módulo de resiliencia de los materiales</b>	
Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica (psi) =	400 000
Módulo de resiliencia de la base granular (psi) =	39 332.05
Módulo de resiliencia de la sub-base (psi) =	22 522.88
Módulo de resiliencia de la sub-rasante (psi) =	19 608.17
<b>Variables de Diseño</b>	
Número de Ejes Equivalentes Total (W18) =	2.60E+06
Factor de Confiabilidad (R) =	90%
Desviación Estándar Normal (Zr) =	- 1.282
Desviación Estándar (So) =	0.45
Serviciabilidad Inicial (Pi) =	4.2
Serviciabilidad Final (Pt) =	2.5
<b>Coeficientes</b>	
<u>Coeficientes Estructurales de capa</u>	
Concreto Asfáltico Convencional (a1) =	0.42
Base granular (a2) =	0.14
Subbase (a3) =	0.13
<u>Coeficientes de Drenaje de capa</u>	
Carpeta Asfáltica	1.00
Base granular (m2)	0.80
Subbase (m3)	0.80

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



**Figura 4.22** Esquema de estructuración de un pavimento flexible.

**Fuente:** Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.

La interfaz de usuario 'Asphalt Design Inputs' muestra los siguientes parámetros de diseño:

Parámetro	Valor	Unidad
Asphalt Structural Number	2.39	
Total Flexible ESALs	2,600,000	
Reliability	90.00	%
Overall Standard Deviation	0.45	
Subgrade Resilient Modulus	30,000.0	psi
Initial Serviceability	4.20	
Terminal Serviceability	2.50	

El resultado del cálculo es: Asphalt Structural Number: 2.39. Se muestran botones para 'Calculate Asphalt Structural Number', 'Save and Close', 'Help' y 'Solve For'.

**Figura 4.23** Determinación del SN requerido del pavimento flexible.

**Fuente:** WinPAS. Asphalt Design Inputs.

Se adoptó el valor de 30 000 psi para el Módulo Resiliente de la Base, debido a su máximo coeficiente estructural sugerido de  $a_2=0.14$

Layer Material	Layer Coefficient, a	Drainage Coefficient, m	Layer Thickness	Layer Struct No, SNi	Additional Thickness
Asphalt Cement Concrete	0.42	1	4	1.68	-3.21
Graded Stone Base	0.14	0.8	6	0.67	-6.91
Granular Subbase	0.13	0.8	6	0.62	-3.57
	0	0.4	0	0	-3.57
	0	0.4	0	0	-9
	0	0.4	0	0	-4.63

Sum of SN      2.97      OK  
SN                2.39

Save and Close      Help

**Figura 4.24** Dimensionamiento del Pavimento Flexible.  
**Fuente:** WinPAS. Asphalt Design Inputs.

Dadas las condiciones definidas anteriormente, el número estructural requerido para soportar las repeticiones de ejes equivalentes durante el periodo de diseño del pavimento es de  $SN_{req}= 2.39$ ; sin embargo, debido a las restricciones establecidas por la AASHTO en base al número de ESAL's comprendido entre 2'000 000 y 7'000 000, los espesores mínimos recomendables son 9cm, 15cm, 15cm de la carpeta asfáltica, base y sub-base respectivamente. Por lo tanto, el número estructural de diseño del Proyecto será de  $SN_{dis}=2.97$ .

**Tabla LXXII** Resumen de las capas del pavimento.

<b>Capas del pavimento flexible</b>		<b>SN</b>	<b>D</b>
1	Pavimento bituminoso	1.68	4''
2	Base Granular	0.67	6''
3	Subbase	0.67	6''
	Subrasante (mín.)		40''

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

#### 4.5 Diseño de Tierra Armada

Los muros de contención reforzados con geo textil se han convertido en una alternativa de construcción frente a los muros de concreto reforzado y a los terraplenes conformados naturalmente; principalmente cuando existe deficiencia de la capacidad portante del suelo de fundación, las condiciones geométricas de la sección de la vía no permiten que las zonas de rellenos sean construidas con una pendiente de talud segura o, cuando se requiera proteger la estructura del pavimento de las condiciones saturadas de sus componentes.

Al incluir un material con resistencia a la tensión dentro del cuerpo del muro y que debe de interactuar ante eventos de empujes, se logra incrementar la resistencia del conjunto básicamente debido al desarrollo del esfuerzo cortante entre el geo textil y las capas del suelo adyacentes; además, éste geo sintético introducido tiene características muy permeables que permite

el rápido y eficiente direccionamiento de los flujos de agua garantizando la durabilidad y rentabilidad de la estructura del pavimento.

#### 4.5.1 Información de los Componentes del Muro

En la tabla LXXVI se presenta las características y propiedades de los materiales adoptadas para el diseño del muro.

**Tabla LXXIII** Características y propiedades de los materiales que componen el muro.

<b>Datos Geométricos del Muro</b>	
Altura máxima	5.0 m
Longitud	3 665 m
Pendiente Talud	2:1
<b>Datos del material de préstamo</b>	
Tipo de Suelo	GP
C'	0
Ø	23.5 °
LL	NP
LP	NP
Pasa Tamiz N.200	2.1 %
Y <sub>sm</sub>	2.098 T/m <sup>3</sup>
<b>Datos del material de sitio</b>	
Tipo de Suelo	CH
C'	6.3 T/m <sup>2</sup>
Ø	1.0 °
LL	28
LP	26
Pasa Tamiz N.200	65 %
Y	1.70 T/m <sup>3</sup>
Nc	5.7

<b>Datos de Estructura de Pavimento</b>	
Carpeta Asfáltica [10cm]	2.20 [T/m <sup>3</sup> ]
Base Granular [15cm]	2.17 [T/m <sup>3</sup> ]
Sub-base [15cm]	2.09 [T/m <sup>3</sup> ]
<b>Datos del Geotextil</b>	
Tipo Geo Textil	T 2400
Método tira ancha	42 KN/m
Elongación	21 %
Resistencia a Tensión	1 519 N
Sentido Transversal	43 KN/m
Res. Punzonamiento	680 N
Res. Trapezoidal	520 N
Permeabilidad	5.3x10 <sup>-2</sup> cm/s
Tasa de flujo	1 506 L/min/m <sup>2</sup>

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

#### 4.5.2 Consideraciones de Diseño

- **Sobre cargas Uniformes**

Constituye la estructura del pavimento que irá sobre el terraplén.

$$q = \sum Y_i * e \quad [\text{Ec. 4.6}]$$

Donde:

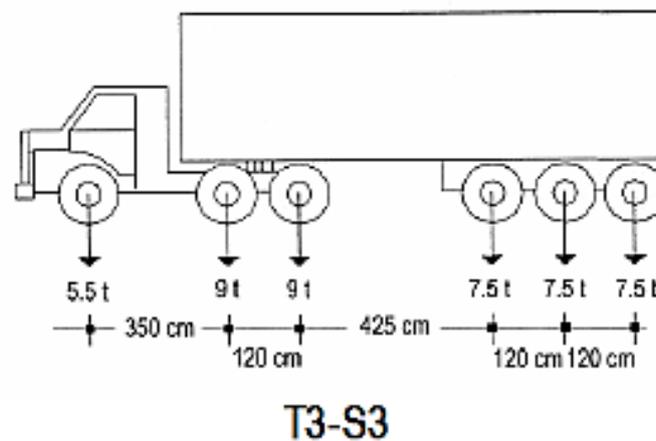
q= Sobre carga uniforme [T/m<sup>2</sup>]

Y<sub>i</sub>= Peso volumétrico de capa de material [T/m<sup>3</sup>]

$e$ = Espesor de capa del pavimento [m]

#### ▪ Cargas Vivas

Ya que se proyecta a que en el futuro transiten vehículos tipo T3 S3 en el carretero, se elige este modelo de carga móvil como vehículo de diseño debido a la transmisión crítica de esfuerzos que generan sus ejes tridem al suelo.



**Figura 4.25** Vehículo Diseño T3 S3.

**Fuente:** Diseño de puentes con elementos prefabricados y presforzados

#### ▪ Distribución de Presiones Laterales

Se lo ejecutó aplicando el principio de Boussinesq

Donde:

$\leftarrow H$ = Distribución de esfuerzo debido a la rueda de análisis

$\leftarrow H'$ = Distribución de esfuerzo debido a la rueda de correlacionada

$Q_p$ = Carga Puntual de la rueda del vehículo de diseño [T]

$H$ = Altura máxima del muro [m]

$m$ = coeficiente geométrico de influencia

$n$ = coeficiente geométrico de influencia

#### ▪ Presión del Suelo

Se basa en la teoría desarrollada por Rankine e involucra el ángulo de rozamiento del suelo.

$$K_a = \tan\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)^2 \quad [\text{Ec. 4.7}]$$

Donde:

$K_a$ = Coeficiente activo de Rankine

$\phi$ = Ángulo de fricción del suelo

$$\leftarrow p_t = K_a * \gamma_{95} * z \quad [\text{Ec. 4.8}]$$

Donde:

$\leftarrow p_t$ = Presión del suelo [T/m<sup>2</sup>]

$\gamma_{95}$ = Proctor al 95% [T/m<sup>3</sup>]

$Z$ = en función de la profundidad de análisis [m]

### ▪ Presión de las Sobrecargas

$$\leftarrow sc = Ka * q \quad [\text{Ec. 4.9}]$$

Presión de Cargas Vivas

$$\leftarrow cv = \leftarrow H + \leftarrow H' \quad [\text{Ec. 4.10}]$$

### Presión Dinámica

$$\leftarrow fd = (2 * \alpha * \leftarrow cvi) / H \quad [\text{Ec. 4.11}]$$

Donde:

$\leftarrow fd$  = Presión Dinámica

$\alpha$  = aceleración sísmica

$Cvi$  = Presión por carga viva a una profundidad de análisis

$H$  = Altura máxima del muro

### Presiones en Dirección Horizontal

La presión lateral proyectada para el diseño del muro resulta de la suma de todos los esfuerzos estudiados anteriormente.

$$\leftarrow H_{total} = \leftarrow pt + \leftarrow sc + \leftarrow cv + \leftarrow fd \quad [\text{Ec. 4.12}]$$

### Separación Vertical entre capas de refuerzo

$$Sv = \frac{Tadm}{\leftarrow H_{total} * FS} \quad [\text{Ec. 4.13}]$$

Donde:

Sv= Separación vertical entre capas de geo textil [m]

Tadm= Tensión permisible en el geo sintético

$\leftarrow H_{total}$ = Esfuerzo totales en dirección horizontal [T/m<sup>2</sup>]

FS= Factor de seguridad global (FS=1.3)

### Longitudes de Desarrollo del Geo Textil

#### Longitud Geométrica

$$L_R = (H - z) * \left( \tan 45 - \frac{\theta}{2} \right) \quad [\text{Ec. 4.14}]$$

Donde:

L<sub>R</sub>= Longitud Geométrica hasta la zona de falla [m]

H= Altura máxima del muro [m]

Z= profundidad de análisis [m]

$\Theta$  = Ángulo de fricción del material de mejoramiento [ $^{\circ}$  ]

### Longitud de Empotramiento

$$L_e = \frac{\leftarrow H_{total} * S_v}{2 * (C + \leftarrow * \tan(\beta))} \quad [\text{Ec. 4.15}]$$

$$0.7 * \Theta < \beta < 0.85 * \Theta$$

Donde:

$L_e$  = Longitud de Empotramiento [m]

$\leftarrow H_{total}$  = Esfuerzo totales en dirección horizontal [T/m<sup>2</sup>]

$S_v$  = Separación vertical entre capas de Geotextil [m]

$C$  = Cohesión del material de mejoramiento [T/m<sup>2</sup>]

$\beta$  = Ángulo de fricción entre el suelo y el geotextil [ $^{\circ}$  ]

$\Theta$  = Ángulo de fricción del suelo

### Longitud de Doblez

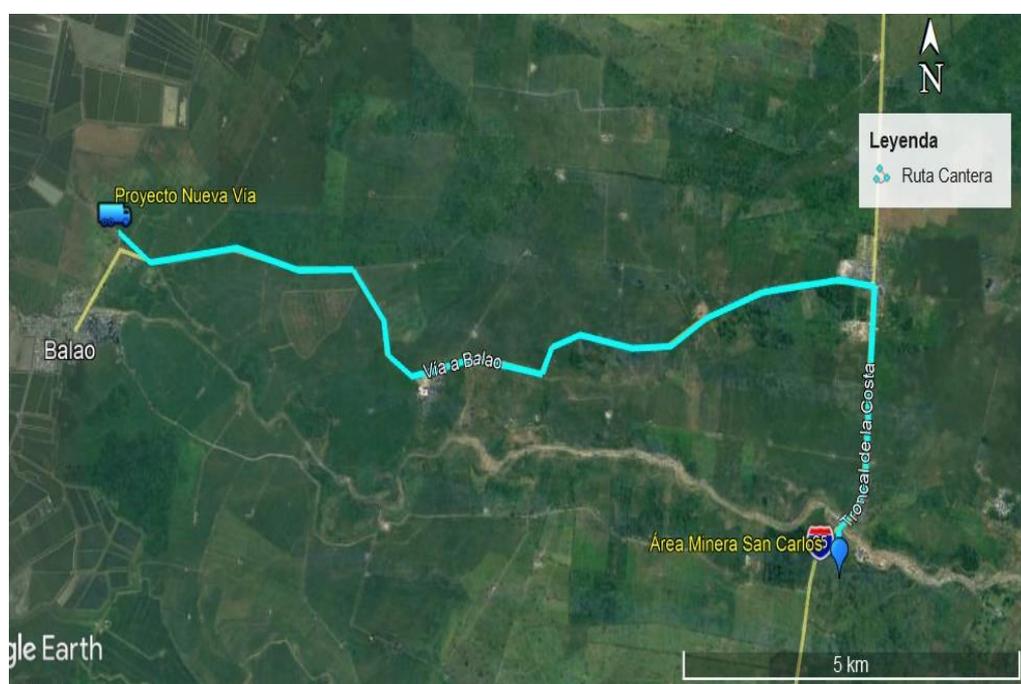
$$L_o = \text{mínimo } 1.0 \text{ m}$$

Por lo tanto, la longitud de desarrollo del Geotextil será:

$$L_T = L_R + L_e + L_o + S_v \quad [\text{Ec. 4.16}]$$

#### 4.6 Fuente de Materiales

En el área minera del recinto San Carlos se da la explotación de material de uso en obras civiles. La cantera se encuentra ubicada aproximadamente a 17,0 Kilómetros del nuevo acceso del Proyecto y de coordenadas UTM: E=643700 m; N= 96763 m.



**Figura 4.26** Ubicación del área minera de San Carlos.  
**Fuente:** Google Earth, Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

**Tabla LXXIV** Parámetros de la Sub-Base Clase 3.

Cantera:	Área minera San Carlos	
Descripción del material:	Canto rodado y arena.	
Clasificación del suelo	SUCS: GP	
	AASHTO: A-1-a	
<b>Sub-Base Clase 3</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Especificación del MTOP</b>
Pasante # 200 (%)	2.1 %	≤ 20 %
WL	NP	≤ 25 %
WP	NP	—
IP	NP	≤ 6 %
Densidad seca máxima	2 098 kg/m <sup>3</sup>	≥ 1 800 kg/m <sup>3</sup>
Humedad óptima	9.7 %	—
CBR (%)	36 %	≥ 30 %
Abrasión (%)	26 %	≤ 50 %

Fuente: Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

**Tabla LXXV** Parámetros de la Base Clase 3.

Cantera:	Área minera San Carlos	
Descripción del material:	Mezcla de grava, arena y finos.	
Clasificación del suelo	SUCS: GW	
	AASHTO: A-1 a	
<b>Base Clase 3</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Especificación del MTOP</b>
Pasante #200 (%)	2,5 %	≤ 15 %
IP (%)	NP	≤ 6 %
Densidad seca máxima	2 170 kg/m <sup>3</sup>	≥ 2 000 kg/m <sup>3</sup>
Humedad óptima	7 %	—
CBR (%)	81 %	≥ 80%
Abrasión (%)	17%	≤ 40%

Fuente: Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

# **CAPÍTULO 5**

## **ESTUDIO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE**

### **5.1 Sistema de Drenaje Vial**

El objetivo de las obras de drenajes es impedir o minimizar la acción de las aguas sobre la obra vial mediante el encauzamiento y evacuación de las mismas. El agua que llega hasta la obra puede ser proveniente directamente de la lluvia que cae sobre las superficies expuestas o de las infiltraciones y escurrimientos subterráneos.

### **5.2 Sistema de Drenaje Transversal**

El drenaje transversal de una carretera se logra mediante la implementación de alcantarillas, que tienen como función proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños en el pavimento.

### **5.3 Diseño de las Alcantarillas de Drenaje**

El diseño de las alcantarillas-compuestas que atraviesan la nueva vía al Puerto de Balao permitirán el drenaje del agua lluvia y del agua embalsada

de las piscinas camaroneras. Los elementos que componen las alcantarillas-compuertas son: el ducto, el cabezal, los muros de ala y la compuerta artesanal para el drenaje de agua de las piscinas.



**Figura 5.1** Alcantarilla compuerta en piscinas camaronera.

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

Las alcantarillas empleadas para el drenaje del agua lluvia y del volumen de agua de las piscinas camaroneras, serán de hormigón y de forma circular.

Con las consideraciones anteriores, se procederá a realizar el dimensionamiento de la alcantarilla empleando la ecuación de Manning, que se muestra a continuación:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad [\text{Ec. 5.1}]$$

Donde,

Q: Caudal ( $m^3/s$ )

n: Rugosidad

A: Área ( $m^2$ )

R: Radio hidráulico: Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo

S: Pendiente de la tubería (m/m)

### 5.3.1 Área por drenar

El área por drenar será el área de captación, es decir, el área de cada piscina en Km<sup>2</sup>.

**Tabla LXXVI.** Área por drenar de cada piscina.

No. Piscina	Área [ $m^2$ ]
1	87240.16
2	90946.55
3	97421.53
4	62597.85
5	70918.60
6	37416.21
7	26969.77

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### 5.3.2 Caudal de Diseño

Para el cálculo del caudal de diseño se debe considerar que el drenaje de las piscinas camaroneras a pesar de que no es una

actividad que se realiza diariamente, es la de mayor volumen de agua por evacuar y por ende el drenaje que predomina. Se consideró el caudal de las aguas lluvias y el de las piscinas independientemente, y se comprobó que las alcantarillas satisfagan estas dos necesidades.

### Agua Lluvia

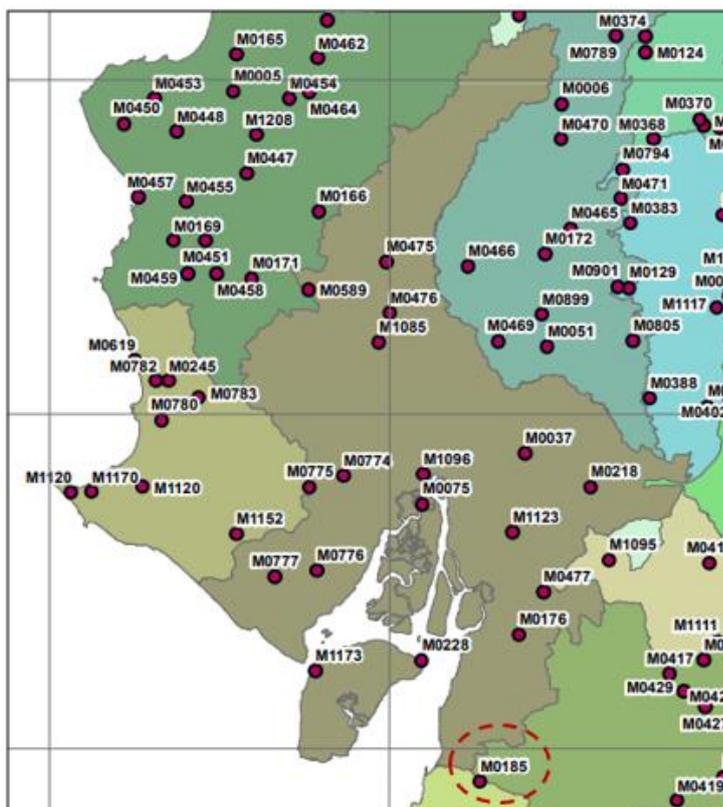
#### Intensidad de precipitación:

Para la obtención de la intensidad de precipitación diaria se recurrió al mapa de estaciones meteorológicas del INAMHI, identificando a la estación M0185-Machala en la provincia del Oro como la más cercana a la obra vial. Con esta información se obtuvieron las precipitaciones mensuales y las precipitaciones máximas diarias.

**Tabla LXXVII.** Información de la estación meteorológica INAMHI

<b>Estación</b>	M0185 Machala	<b>Latitud</b>	3° 3' 0" S	<b>Altitud</b>	13 m
<b>Provincia</b>	Oro	<b>Longitud</b>	79° 44' 0" W	<b>Periodo</b>	2011

**Fuente:** INAMHI. Anuario Meteorológico 2011



**Figura 5.2** Estaciones meteorológicas INAMHI.  
**Fuente:** I.G.M, SENPLADES, INAMHI (1:50 000), 2011.

**Tabla LXXVIII.** Valores pluviométricos (mm) 2011.

Parámetro	Meses												Total Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agost	Sept	Oct	Nov	Dic	
Precipitación mensual (mm)	122.0	247.3	54.2	426.8	85.6	34.0	70.2	58.0	36.3	34.5	35.2	20.6	1 224.7
Precipitación max. Diaria (mm)	23.2	95.6		149.6		6.6	20	6.4	4.7	7.4	6	6.2	

**Fuente:** INAMHI, Anuario Meteorológico, 2011.

#### Caudal de Agua Lluvia:

Debido a que se cuenta con alcantarillas-compuertas, el agua lluvia embalsada en las piscinas puede ser evacuada diariamente. Por ello, se tomó el valor más crítico de 149.6 mm para la precipitación

diaria máxima del mes de Abril y de esta forma obtener el caudal de diseño de agua lluvia.

**Tabla LXXIX.** Caudal de descarga del agua lluvia

No. Piscina	Área [m <sup>2</sup> ]	I [mm]	V [m <sup>3</sup> ]	t [h]	Q <sub>agua lluvia</sub> [m <sup>3</sup> /s]
1	87240.16	149.6	12998.8	1	3.611
2	90946.55	149.6	13551.0	1	3.764
3	97421.53	149.6	14515.8	1	4.032
4	62597.85	149.6	9327.1	0.5	5.182
5	70918.60	149.6	10566.9	0.5	5.870
6	37416.21	149.6	5575.0	0.5	3.097
7	26969.77	149.6	4018.5	0.5	2.232

t: Tiempo de drenaje del agua lluvia captada por la piscina (valor asumido)

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### Agua de las Piscinas

Para el caudal de descarga de las piscinas se considera un tiempo de drenaje generalizado, el cual depende del volumen de agua a evacuar de cada piscina. Se define que cada piscina tiene una profundidad promedio de 1.0 metro, y que de forma controlada se necesitará descargarla parcialmente (50%) al momento de cambiar las aguas de las cosechas o al pescar.

**Tabla LXXX.** Caudal de descarga del agua de piscina.

No. Piscina	Área [m <sup>2</sup> ]	h [m]	V [m <sup>3</sup> ]	t [h]	Q agua piscina [m <sup>3</sup> /s]
1	87240.16	0.5	65430.12	2.5	4.847
2	90946.55	0.5	68209.91	2.5	5.053
3	97421.53	0.5	73066.15	2.5	5.412
4	62597.85	0.5	46948.39	2.0	4.347
5	70918.60	0.5	53188.95	2.0	4.925
6	37416.21	0.5	28062.16	1.0	5.197
7	26969.77	0.5	20227.32	1.0	3.746

t: Tiempo de drenaje del agua de la piscina (valor asumido)

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

Los valores de caudal de diseño serán los calculados para el drenaje de las piscinas camaroneras.

### 5.3.3 Coeficiente de Rugosidad

Dependerá del material a emplearse en la construcción de la alcantarilla, en nuestro caso serán alcantarillas de hormigón.

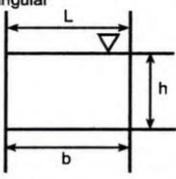
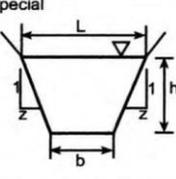
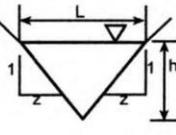
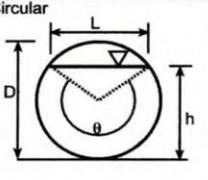
**Tabla LXXXI.** Coeficientes de rugosidad para materiales usados en alcantarillas

Materiales	n
a) Hormigón	0,012
b) Metal corrugado:	
- Ondulaciones estándar (68 mm x 13 mm)	0,024
- Revestido en un 25%	0,021
- Totalmente revestido	0,012
- Ondulaciones medianas (76 mm x 25 mm)	0,027
- 25 % revestido	0,023
- totalmente revestido	0,012
- Ondulaciones grandes (152 mm x 51 mm)	variable
- 25 % revestido	0,026
- totalmente revestido	0,012

**Fuente:** NEVI-12 Volumen 2B, Norma para Diseño Vial, 2012.

### 5.3.4 Radio hidráulico

Se establece el ángulo  $\Theta$  igual a  $270^\circ$ .

Sección	Área $\Omega$	Perímetro Mojado $\chi$	Radio Hidráulico $R$	Ancho Superficial $L$
Rectangular 	$b \cdot h$	$b + 2 \cdot h$	$\frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h}$	$b$
Trapecial 	$(b + z \cdot h) \cdot h$	$b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + z \cdot h) \cdot h}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2 \cdot z \cdot h$
Triangular 	$z \cdot h^2$	$2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + z^2}$	$\frac{z \cdot h}{2 \cdot \sqrt{1 + z^2}}$	$2 \cdot z \cdot h$
Circular 	$\frac{1}{8} \cdot (\theta - \text{sen } \theta) \cdot D^2$	$\frac{1}{2} \cdot \theta \cdot D$	$\frac{1}{4} \left[ 1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta} \right] \cdot D$	$\left[ \text{sen} \left( \frac{\theta}{2} \right) \right] \cdot D$ o $2 \cdot \sqrt{h \cdot (D - h)}$

**Figura 5.3** Elementos geométricos en secciones de escurrimiento.

**Fuente:** Nevi-12 Volumen 2B, Norma para Diseño Vial, 2012.

### 5.3.5 Pendiente de la Alcantarilla

Todas las alcantarillas contarán con una pendiente del 2% para facilitar el drenaje del agua, gradiente que se puede emplear sin ningún inconveniente cuando se utilizan alcantarillas de hormigón.

### 5.3.6 Dimensiones de las Alcantarillas

El Nevi-12 en su Volumen 2B, recomienda que el diámetro para alcantarillas de caminos vecinales o de desarrollo deberá ser al menos 1,00 m si la longitud de la obra es mayor a 10 m; y en las demás categorías de caminos y carreteras el diámetro mínimo será de 1,20 m. Debido a que se requiere la instalación de múltiples alcantarillas para el drenaje de una piscina, se optará en la carretera por emplear el diámetro mínimo de 1,00 m destinado para caminos vecinales o de desarrollo.

### 5.4 Resumen de las alcantarillas de drenaje

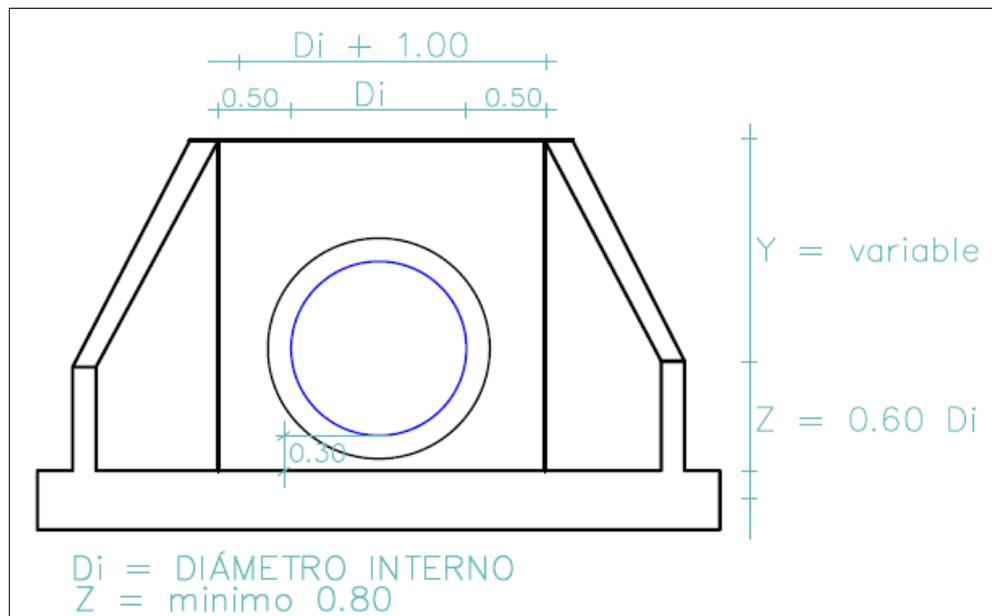
**Tabla LXXXII** Resumen de las alcantarillas de drenaje.

No. Alcantarillas	Abscisa	L [m]	Q total [m <sup>3</sup> /s]	Q total* [m <sup>3</sup> /s]	n	S	θ [°]	D [m]	D [mm]	Di [m]	Di [mm]
								Calculado	NEVI-12		
1	0 + 560	15.25	-	-	-	0.02	-	-	-	1.00	1000
2	0 + 970	20.50	-	-	-	0.02	-	-	-	1.00	1000
3	1 + 140	14.60	4.847	2.423	0.012	0.02	270	0.89	893.2	1.00	1000
4	1 + 220	14.70		2.423				0.89	893.2	1.00	1000
5	1 + 440	14.45	5.053	2.526	0.012	0.02	270	0.91	907.2	1.00	1000
6	1 + 520	14.40		2.526				0.91	907.2	1.00	1000
7	1 + 680	14.60		2.526				0.91	907.2	1.00	1000
8	1 + 820	14.50	5.412	1.804	0.012	0.02	270	0.80	799.6	1.00	1000
9	2 + 080	14.60		1.804				0.80	799.6	1.00	1000
10	2 + 340	14.90		1.804				0.80	799.6	1.00	1000
11	2 + 460	14.50	4.347	2.174	0.012	0.02	270	0.86	857.6	1.00	1000
12	2 + 720	14.70		2.174				0.86	857.6	1.00	1000

13	2 + 980	14.60	4.925	2.462	0.012	0.02	270	0.90	898.6	1.00	1000
14	3 + 200	14.30		2.462				0.90	898.6	1.00	1000
15 16	3 + 270	14.90	-	-	-	0.02	-	-	-	1.00	1000
17	3 + 340	14.30	5.197	2.598	0.012	0.02	270	0.92	916.9	1.00	1000
18	3 + 460	14.50		2.598				0.92	916.9	1.00	1000
19	3 + 560	14.60	3.746	1.873	0.012	0.02	270	0.81	811.0	1.00	1000
20	3 + 620	14.40		1.873				0.81	811.0	1.00	1000

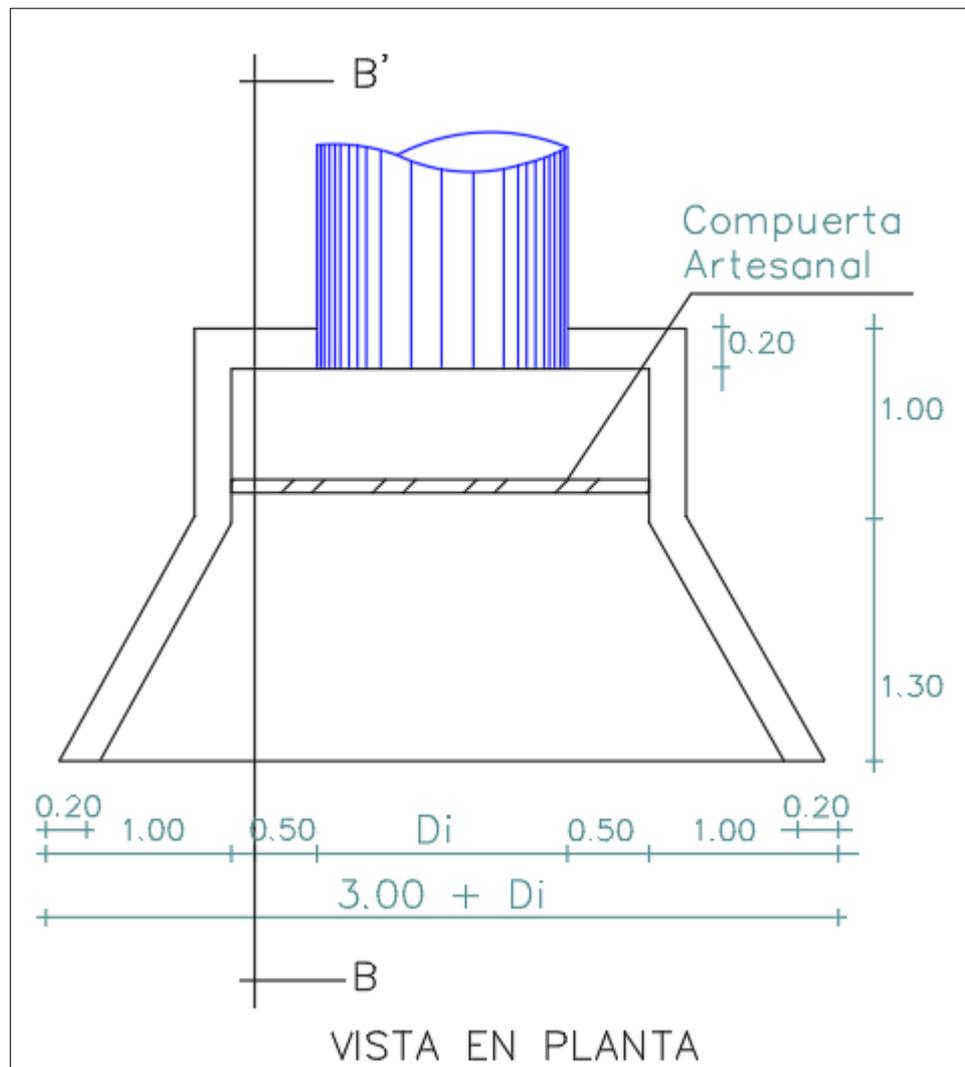
Q<sub>total</sub>\*: Caudal correspondiente a cada alcantarilla.

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



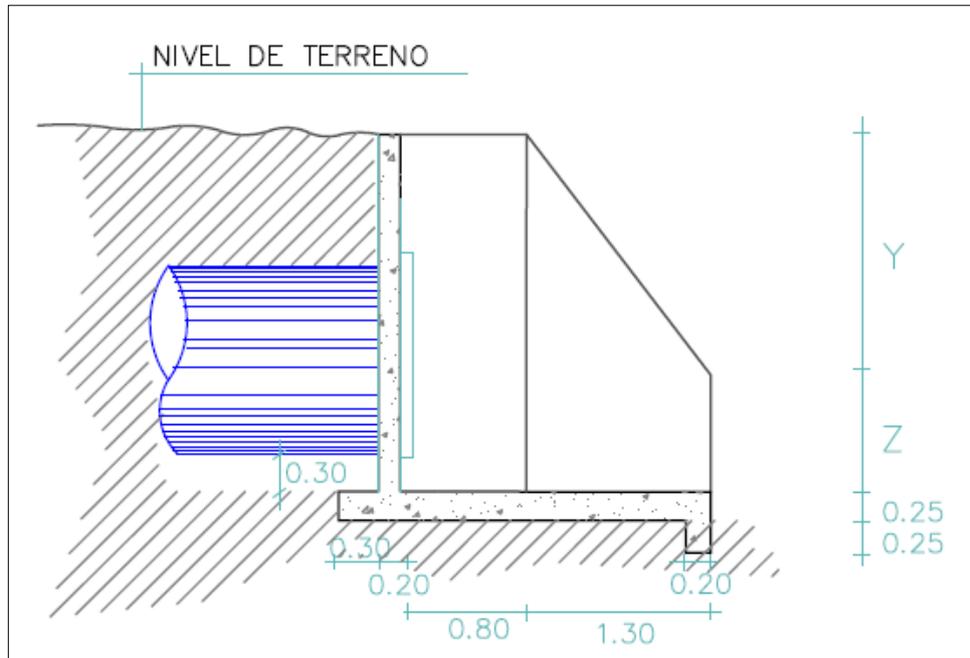
**Figura 5.4** Cabezal de Descarga y Muros de Ala (Vista Frontal).

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



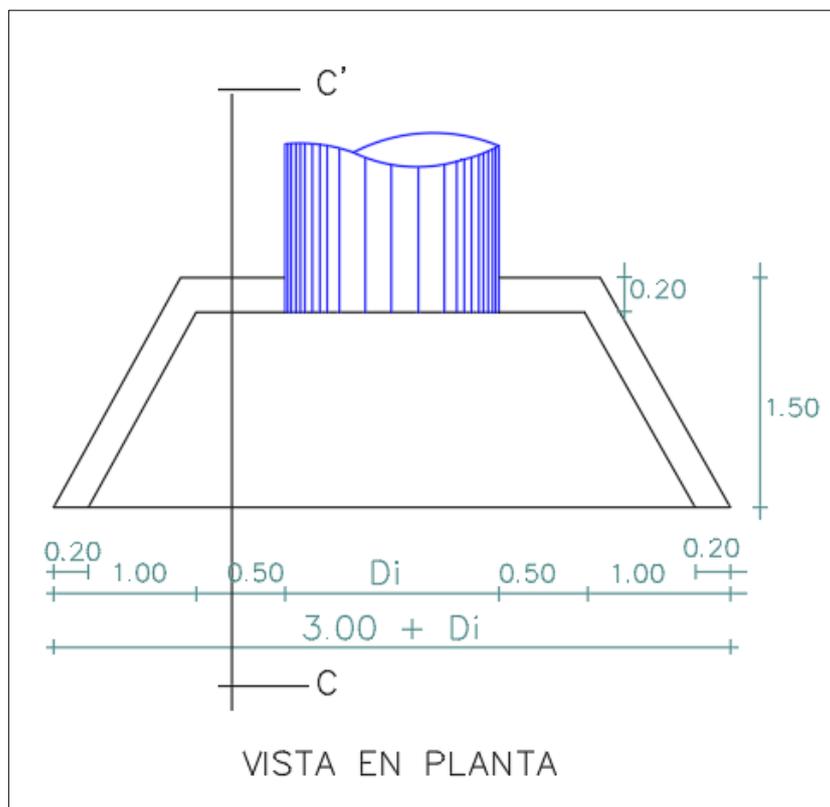
**Figura 5.5** Tipo 1: Cabezal de Descarga y Muros de Ala (Vista en Planta).

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



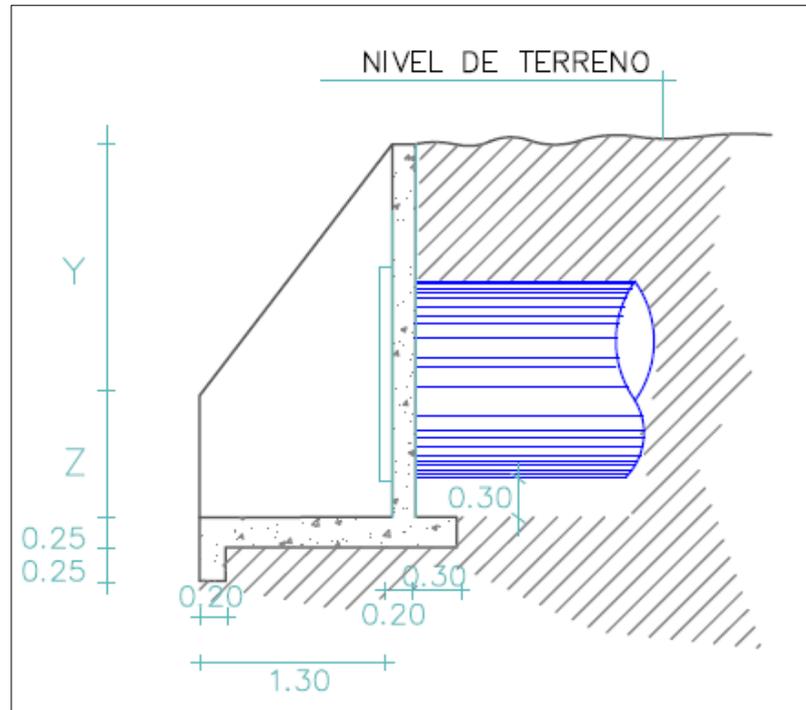
**Figura 5.6** Tipo 1: Cabezal de Descarga y Muros de Ala (Corte B-B').

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



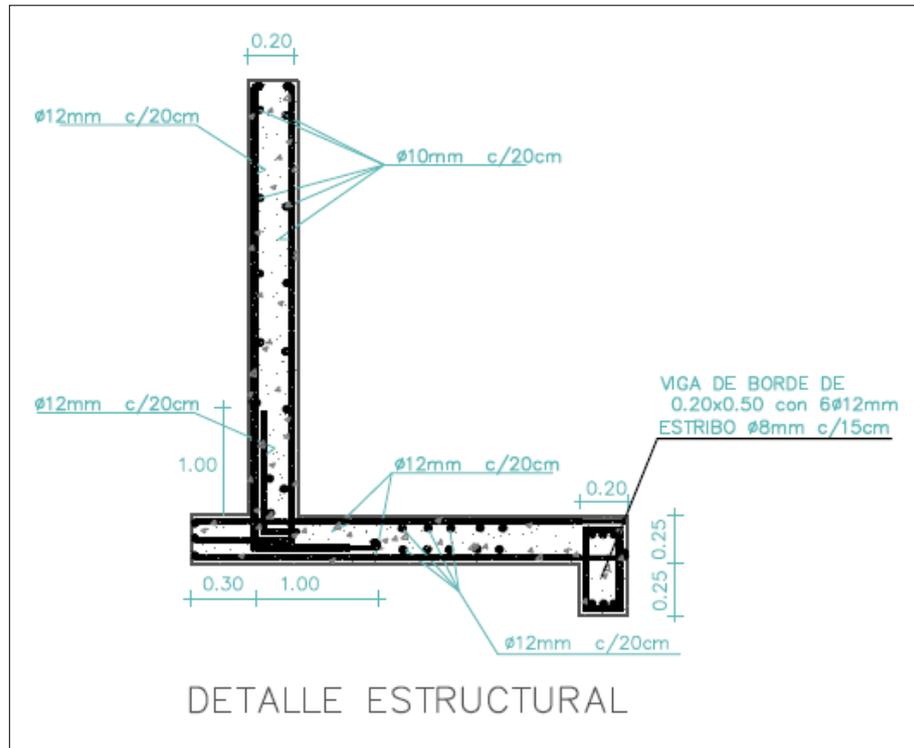
**Figura 5.7** Tipo 2: Cabezal de Descarga y Muros de Ala (Vista en Planta).

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



**Figura 5.8** Tipo 2: Cabezal de Descarga y Muros de Ala (Corte C-C').

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



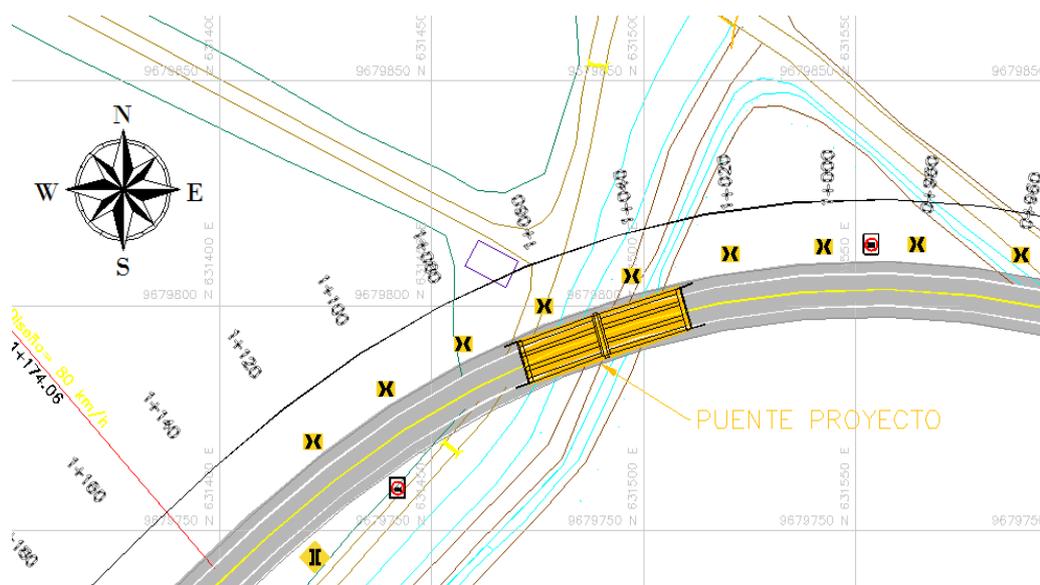
**Figura 5.9** Cabezal de Descarga (Detalle Estructural).  
Fuente: Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

# **CAPÍTULO 6**

## **DISEÑO DEL PUENTE**

## 6.1 Descripción del Sector

De acuerdo al trazado establecido para el nuevo acceso hacia el puerto de Balao, se debe de disponer de un puente para dar continuidad de tránsito. La estructura se ubicará entre las abscisas 1+046 y 1+090 del alineamiento horizontal; con posicionamiento geográfico de coordenadas  $E=631511.943$  m y  $N=9679799.541$  m.

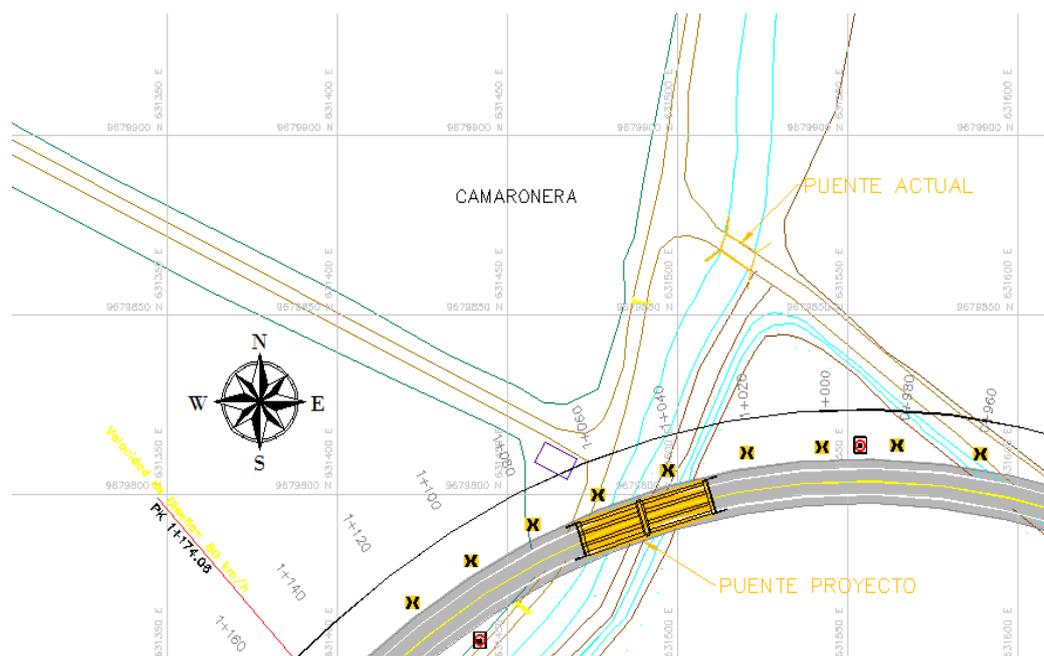


**Figura 6.1** Ubicación del Puente proyectado para el nuevo acceso hacia puerto Balao.

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

El Puente facultará el cruce sobre dos canales artificiales que utilizan las piscinas camaroneras para evacuación de las aguas de cosecha y lluvia. Los moradores manifiestan que en épocas invernales la máxima crecida llega a alcanzar una altura aproximada de 2.0 m sobre el lecho del canal,

es decir hasta la cota 9.60 msnm. Estos canales recorren unos 2 km aguas abajo desde la ubicación del puente actual hasta descargar su afluente en el principal recurso hídrico del sector, el río Balao.

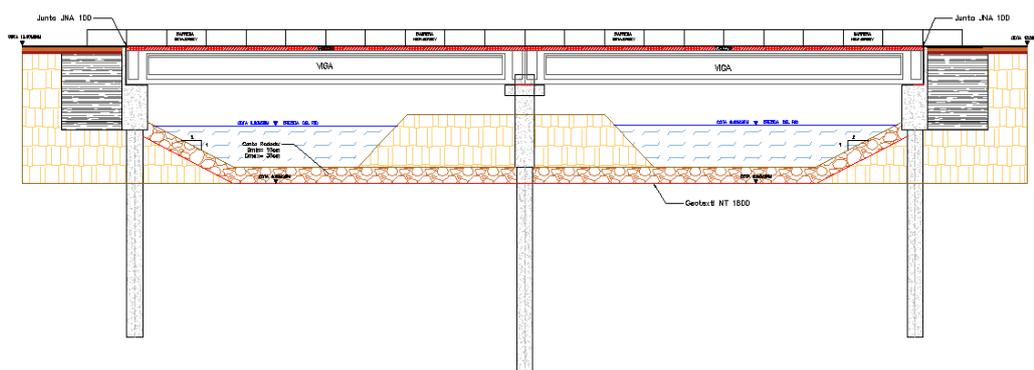


**Figura 6.2** Ubicación de Puentes sobre el canal artificial.  
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

## 6.2 Estudio de Tráfico

La capacidad de tráfico del puente está directamente ligada con la de la nueva carretera, por lo tanto, se empleará el mismo flujo vehicular que se determinó en el Capítulo II correspondiente a un valor de TPDA = 2 796 veh/día.

### 6.3 Descripción del Puente



**Figura 6.3** Sección Transversal de los Canales  
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

De acuerdo a las estipulaciones establecidos por el MTOP, el puente deberá tener la misma sección transversal de la vía, es decir, constará de 2 carriles de circulación en sentidos opuestos con un ancho de calzada de 7.30 m. Además, estará provisto de barreras de protección para resguardar la seguridad de los usuarios.

La longitud del puente será de 40 m para permitir el paso de los vehículos sobre los 2 canales existentes. Esta estructura estará comprendida en 2 tramos iguales de 20 m cada uno, descansando en 2 estribos extremos y un apoyo central.

Se proporcionarán de barreras de protección tipo New Jersey de 0.40 m de ancho para dar blindaje en caso de producirse pérdida de carril.

Se dispondrá de 0.60 m de espaldones libres en cada sentido para dar comodidad de maniobra y bajar niveles de tensión al chofer al momento de operar sobre la estructura.

El ancho total de la corona del puente será de 9.30 m.

El gálibo mínimo quedará establecido en 2.0m para el proyecto, con la finalidad de evitar que escombros arrastrados en las crecidas del canal golpeen la superestructura y restrinjan el servicio del puente.

La pendiente de acceso y salida del puente será de 0% de acuerdo a las normativas del MTOP, con una velocidad de diseño de 80 km/h.

**Tabla LXXXIII** Descripción del puente.

<b>Longitud</b>	40 m
<b>Ancho Calzada</b>	7.30 m
<b>Espaldón</b>	0.60 m
<b>Barreras</b>	0.40 m
<b>Ancho Total</b>	9.30 m

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### 6.3.1 Descripción de la Estructura

#### CARGAS APLICADAS

##### Cargas Permanentes:

**Tabla LXXXIV** Cargas permanentes.

Wasf: Carpeta Asfáltica	0.11 T/m <sup>2</sup>
Whor: Tablero de Hormigón	0.432 T/m <sup>2</sup>
Wviga: Viga V Presforzada	0.57 T/m <sup>2</sup>
WNJ: Barreras New Jersey	0.195 T/m <sup>2</sup>

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

##### Cargas Vivas:

**Tabla LXXXV** Cargas vivas.

HL-93: Vehículo Diseño	32.7 T
Carga Tandem Diseño	26.7 T
Carga Dinámica	33%
Carga de Carril	0.952 T/m

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

#### COMBINACIÓN DE CARGAS

En base a la tabla 3.4.1-1 de la AASTHO LRFD 2012, estipula que la combinación de carga más crítica de los diferentes estados límites es:

### Estado Límite de Resistencia I:

$$M_u = 1.25 * M_{DC} + 1.50 * M_{DW} + 1.75 * (M_{LL} + M_{IM}) \quad [\text{Ec. 6.1}]$$

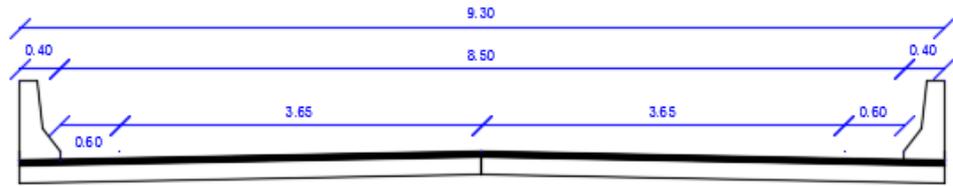
## **SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE**

Para el diseño de los elementos estructurales tales como Losa, Vigas y Estribos; se tomaron en cuenta la normativa de diseño establecida en la AASTHO LRFD 2012, además de las recomendaciones para el concreto armado del ACI 318-14.

En las combinaciones de cargas siempre prevaleció el Estado Límite de Resistencia I.

### Losa del Tablero del Puente

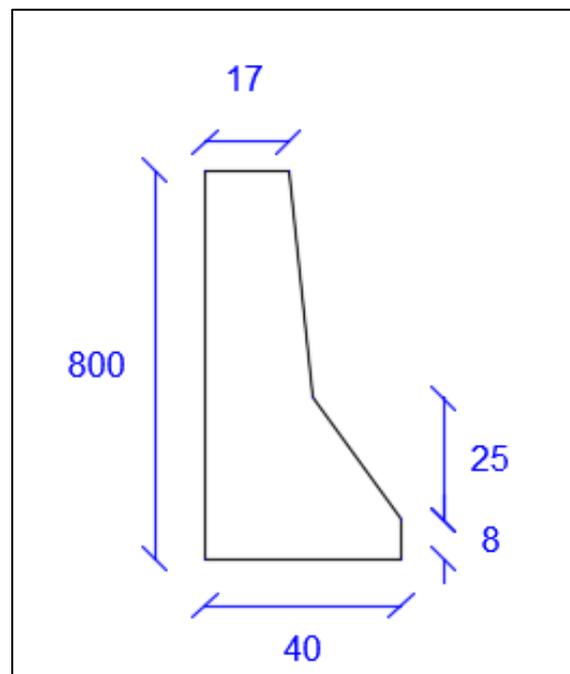
El tablero es un elemento de hormigón armado de espesor 18cm y con una resistencia a la compresión de  $f_c' = 280 \text{ kg/cm}^2$ . La losa fue diseñada para soportar los esfuerzos que transmiten las cargas vehiculares, las barreras de protección New Jersey, la carpeta asfáltica además de su propio peso.



**Figura 6.4** Sección Transversal del Tablero.  
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### Barreras New Jersey

Las barreras que serán implementadas en el Puente son elementos de protección cuyo objetivo principal es de preservar al vehículo sobre la superestructura en caso de colisión. Son elementos de hormigón prefabricado que tienen gran resistencia ante el impacto y su espacio de ocupación es relativamente pequeño.

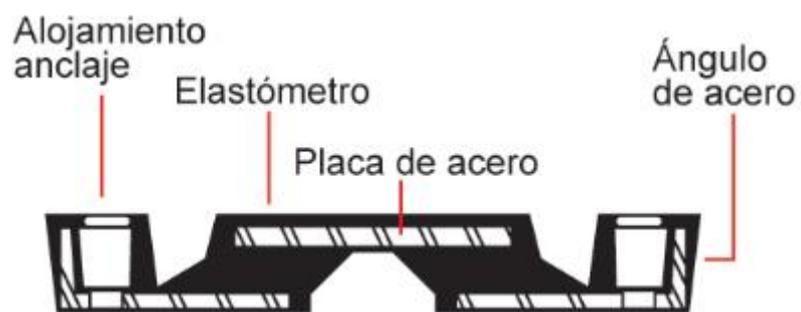


**Figura 6.5** Barrera New Jersey.  
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### Juntas

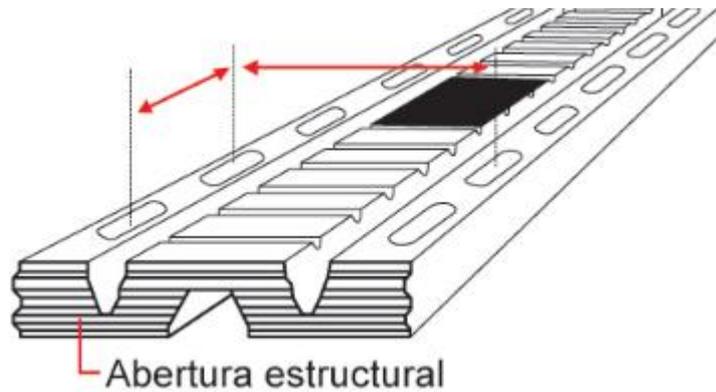
Las juntas que se suministrarán en la estructura son de tipo Neoflex, compuestas de material elastómero especialmente diseñadas para absorber los movimientos que se transmiten desde la superficie de rodadura. Estas aseguran que los elementos del puente interactúen entre ellos ante el desplazamiento, precautelando su integridad estructural y de servicio.

Las juntas de expansión dan continuidad a la superficie de rodadura del puente, permitiendo un tránsito más confortable y seguro. Además, permiten impermeabilizar la superficie escurriendo el agua de forma rápida.



**Figura 6.6** Sección Transversal de Junta Neoflex.

**Fuente:** Ecuaflex.

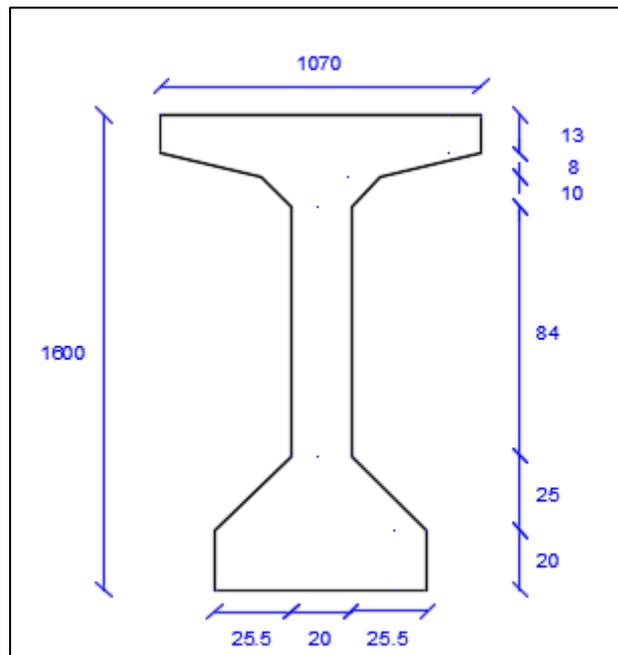


**Figura 6.7** Junta Neoflex.  
**Fuente:** Ecuaflex.

### Viga Presforzada

La viga es un elemento de hormigón de alta resistencia con diseño a la compresión de  $350 \text{ kg/cm}^2$ . Su armadura de refuerzo constituye 16 torones de 0.6 " Grado 270 ksi, los mismos que ayudarán a distribuir los esfuerzos en el acero en correspondencia con el cambio de la magnitud del momento en cada sección.

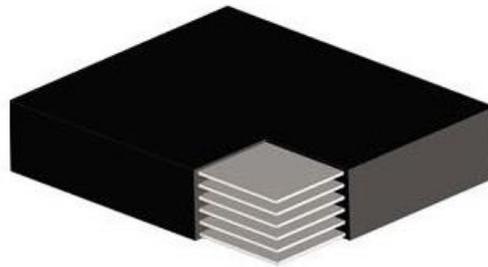
La viga definida es la tipo V de la AASTHO para Puentes, de luz de 20 m y un peso de 1.563 kg/m. En grupo de 4 vigas distribuirán las cargas en cada tramo, descansando a manera de apoyo simple en los estribos.



**Figura 6.8** Sección de Viga I tipo V.  
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### Apoyos

Son elementos estructurales de caucho sintético moldeado bajo presión y temperatura, capaz de soportar eficazmente deformaciones, translaciones y rotaciones que se producen por efecto de las cargas y la acción térmica.



**Figura 6.9** Placa de Neopreno.  
**Fuente:** Phasa.

## **SUBESTRUCTURA DEL PUENTE**

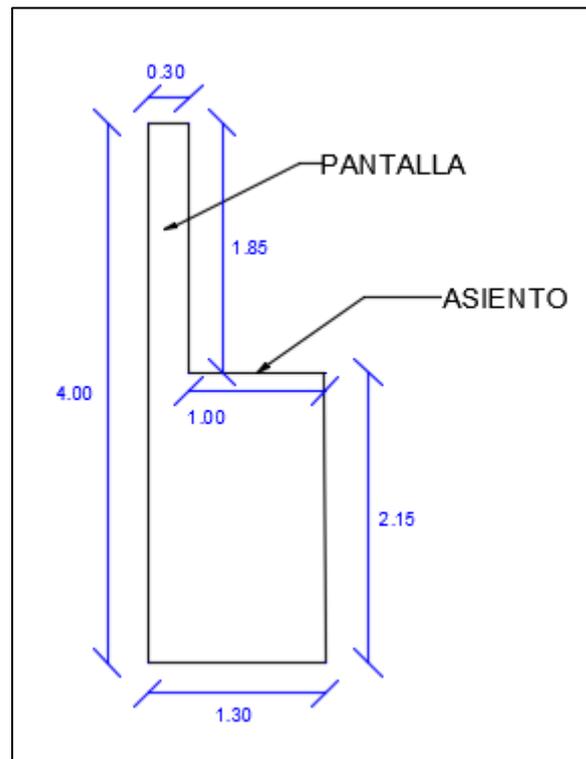
### Estribos

Los estribos son elementos estructurales que cargan con el descanso de las vigas, además de ser el apoyo entre el terraplén y el tablero. Está diseñado para soportar la superestructura, su peso propio, cargas sísmicas y empujes generados por el suelo.

Está constituido por hormigón armado de resistencia a la compresión  $350 \text{ kg/cm}^2$  y con acero de refuerzo de  $4200 \text{ kg/cm}^2$ .

Adicionalmente, estará provisto de muros macizos también de concreto reforzado con la finalidad de contener el material de

mejoramiento de la zona de acceso y salida del terraplén donde interviene el puente.



**Figura 6.10** Esquema de Estribo.  
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

# **CAPÍTULO 7**

## **SEÑALIZACIÓN VIAL**

## **7.1 Señalización horizontal**

La señalización horizontal está constituida por marcas viales como: líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre la superficie de rodadura; también por otros objetos como tachas que se colocan sobre la misma y todos con el fin de regular el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

### **7.1.1 Líneas de separación de flujos opuestos**

Son empleadas en calzadas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos. Por seguridad del tránsito esta línea debe señalizarse siempre en vías rurales que tengan un ancho de calzada mínima de 5,60 m y con un TPDA de 300 vehículos o más.

#### **7.1.1.1 Líneas segmentadas de separación de circulación**

##### **opuesta**

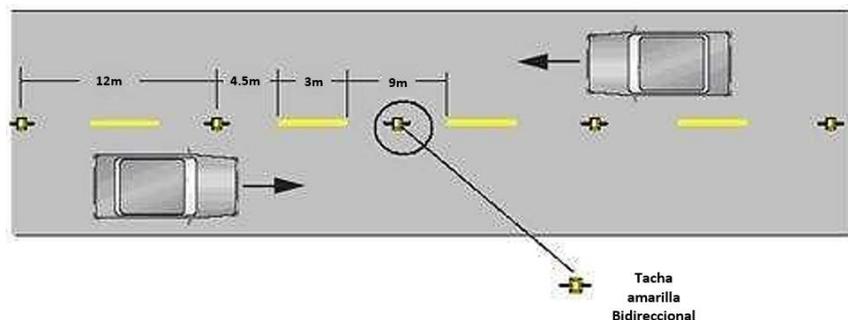
Se emplean donde las características geométricas de la vía permiten el rebasamiento y los virajes. Estas líneas son de

color amarillo, y pueden ser traspasadas siempre y cuando haya seguridad.

**Tabla LXXXVI.** 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

**Fuente:** RTE INEN 004-2:2011, Señalización Vial Parte 2, Señalización Horizontal, 2011.



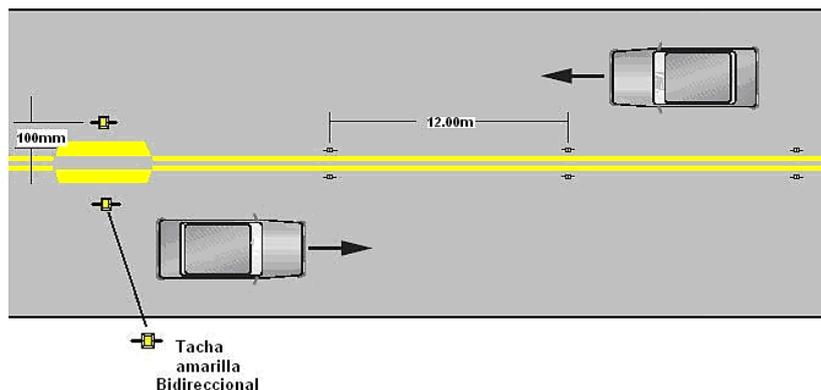
**Figura 7.1** Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta.

**Fuente:** RTE INEN 004-2:2011, Señalización Vial Parte 2, Señalización Horizontal, 2011.

#### 7.1.1.2 Doble línea continua (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 bidireccionales donde la visibilidad en la vía se ve reducida por curvas,

pendientes u otros, con el objetivo de prohibir rebasamientos o virajes a la izquierda.

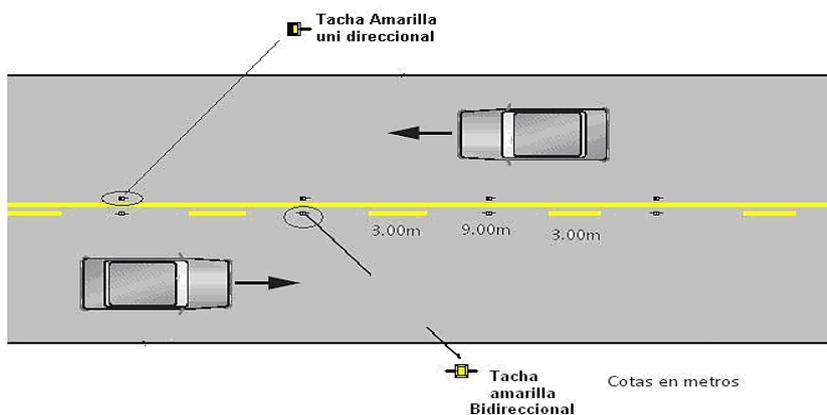


**Figura 7.2** Doble línea continua (línea de barrera).  
**Fuente:** RTE INEN 004-2:2011. Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal, 2011.

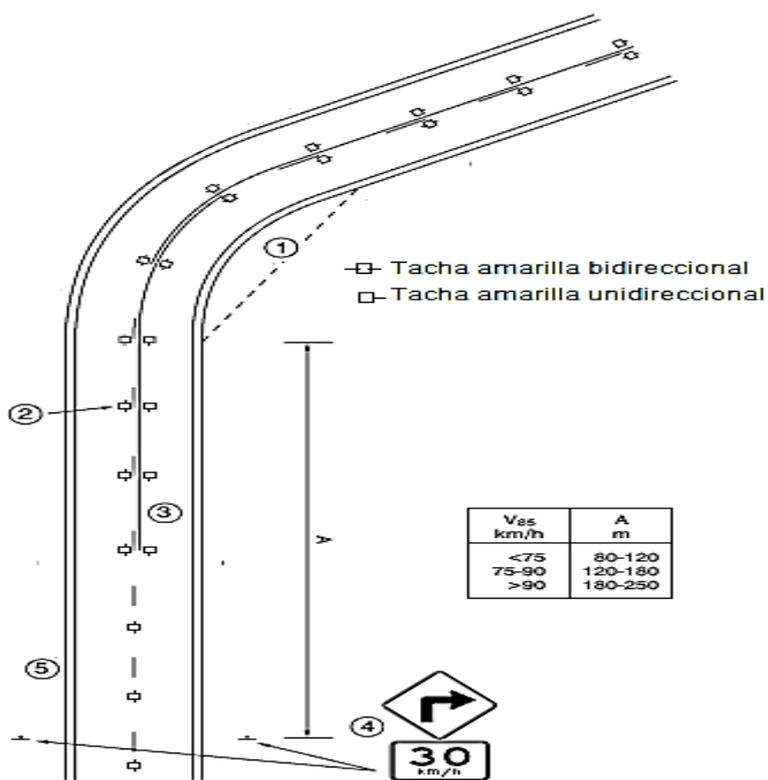
### 7.1.1.3 Doble línea mixta

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. Permite a los vehículos siempre que exista seguridad cruzar desde la línea segmentada para realizar rebasamientos; es prohibido cruzar desde la línea continua para realizar rebasamientos.

Doble línea mixta: continua y segmentada.



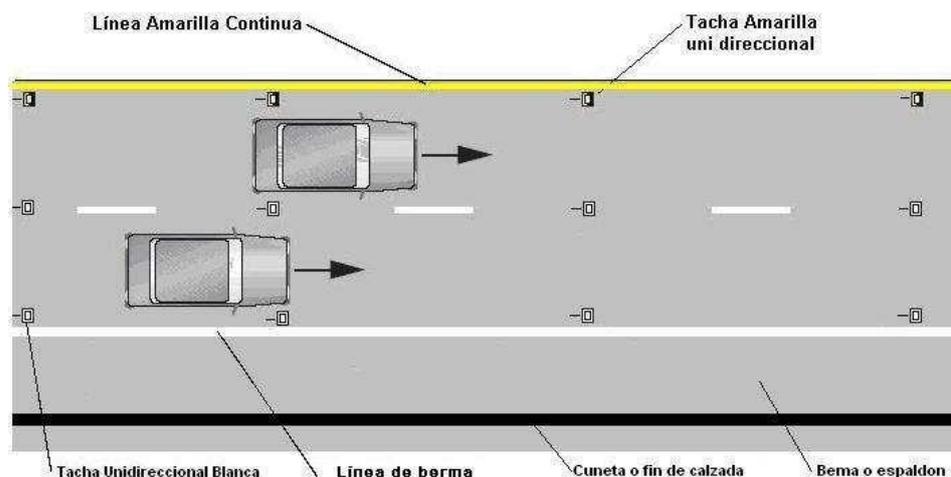
**Figura 7.3** Doble línea mixta: continua y segmentada.  
**Fuente:** RTE INEN 004-2:2011, Señalización Vial Parte 2, Señalización Horizontal, 2011.



**Figura 7.4** Líneas de separación mixtas.  
**Fuente:** RTE INEN 004-2:2011. Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal, 2011.

### 7.1.2 Líneas de borde de calzada

Son líneas continuas de color blanco e indican a los conductores donde se encuentra el borde de la calzada cuando existen condiciones de visibilidad reducida. Su ancho mínimo en carreteras es de 150 mm. La señalización complementaria como tachas, debe ser del mismo color de la línea; excepcionalmente debe ser roja cuando se trata de bordes de calzada que no deben ser sobrepasados en ninguna circunstancia.

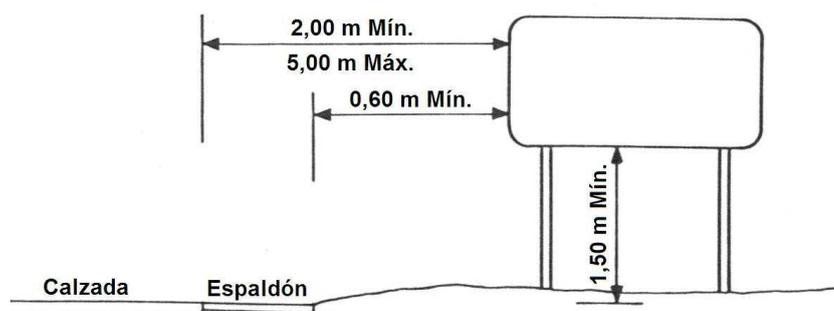


**Figura 7.5** Líneas continuas de borde, con espaldón o berma.

**Fuente:** RTE INEN 004-2:2011, Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal, 2011.

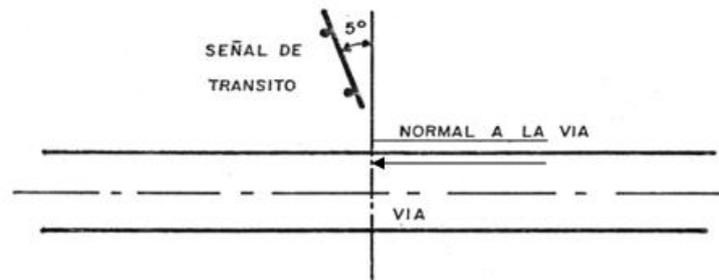
## 7.2 Señalización vertical

En vías de sectores rurales (carreteras) la señal vertical debe estar a una distancia libre de por lo menos 600 mm del borde exterior del espaldón. La separación no debe ser menor de 2,00 m ni mayor de 5,00 m del borde de la calzada de la vía. La altura libre de la señal no debe ser menor a 1,50 m desde la superficie del terreno hasta el borde inferior de la señal.



**Figura 7.6** Ejemplo de Señalización Vertical – Zona Rural.  
**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011. Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical, 2011.

Para evitar el deslumbramiento desde las superficies de las señales, estas deben ser orientadas con un ángulo de  $5^{\circ}$  y en dirección al tránsito que estas sirven. En alineamientos curvos el ángulo de instalación debe ser determinado por el curso de aproximación del tránsito antes que por el filo de la vía en el punto donde la señal es colocada.



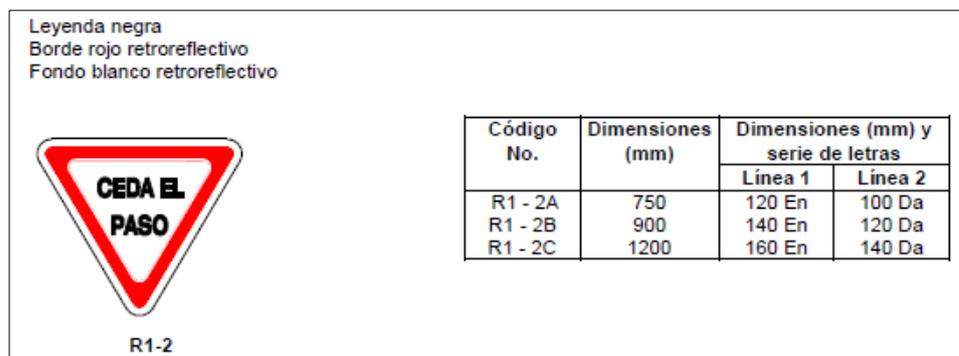
**Figura 7.7** Orientación de las señales.  
**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011. Señalización Vial.  
 Parte 1. Señalización Vertical, 2011.

### 7.2.1 Señales regulatorias (código R)

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

#### **R1-2 “CEDA EL PASO”**

Se utiliza en aproximaciones a intersecciones donde el tráfico que debe ceder el paso tiene una buena visibilidad sobre el tráfico de la vía principal.



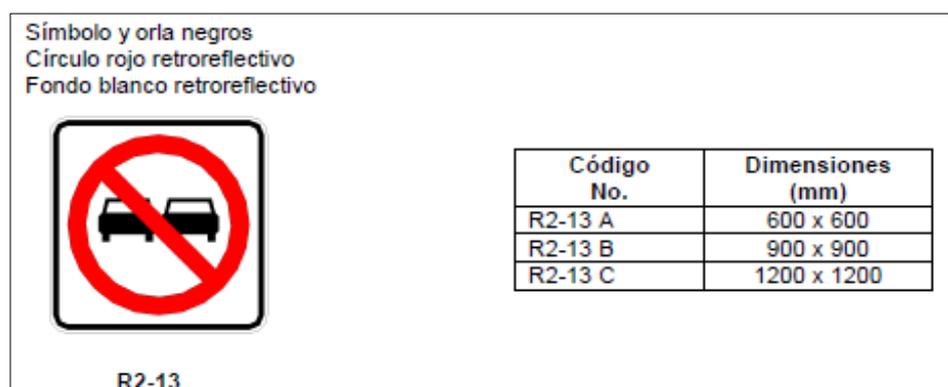
**Figura 7.8** R1-2 CEDA EL PASO.

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011. Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical.

### R2-13 “NO REBASAR”

Se utiliza para indicar la prohibición de efectuar la maniobra de rebasamiento en vía con un solo carril de circulación en cada sentido.

Y debe complementarse con la respectiva señalización horizontal.

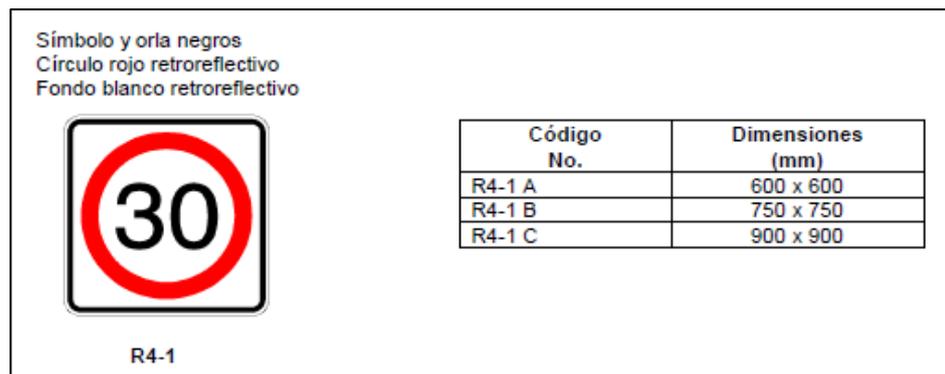


**Figura 7.9** R2-13 NO REBASAR.

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011. Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical, 2011.

### R4-1 “LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD”

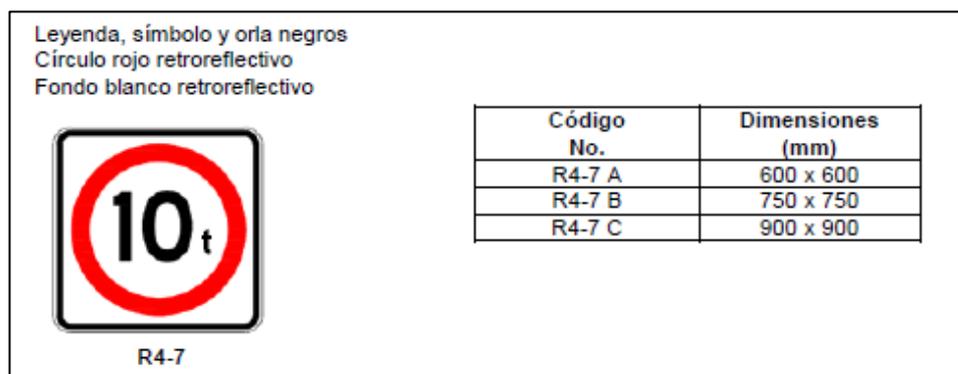
En las zonas en las que la velocidad se limite a una velocidad distinta a la velocidad de la vía.



**Figura 7.10** R4-1 LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD  
Fuente: RTE INEN 004-1:2011, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical, 2011.

### R4-7 “PESO MÁXIMO”

Se emplea para restringir la circulación de vehículos cuyo peso total (toneladas) supere el indicado en ella. Se instala justo antes de llegar a puentes o viaductos.



**Figura 7.11** R4-7 Peso máximo.

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical, 2011.

### 7.2.2 Señales preventivas (código P)

Advierten a los usuarios de las vías sobre condiciones inesperadas o peligrosas en la vía. En áreas rurales, las señales deben colocarse a no menos de 75 m ni más de 225 m delante del sitio de riesgo.

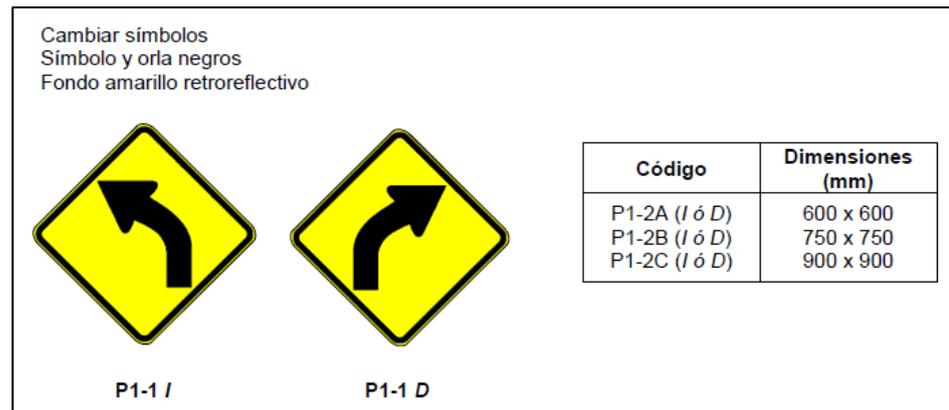
**Tabla LXXXVII.** Dimensiones de las señales preventivas.

85 percentile velocidad [km/h]	Dimensión de la señal [mm]
menos de 60	600 x 600
70 – 80	750 x 750
más de 90	900 x 900

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical, 2011.

### P1-2 “CURVA ABIERTA”

Indican la aproximación a curvas abiertas; y se instalan en aproximaciones a una curva abierta a la izquierda o derecha.

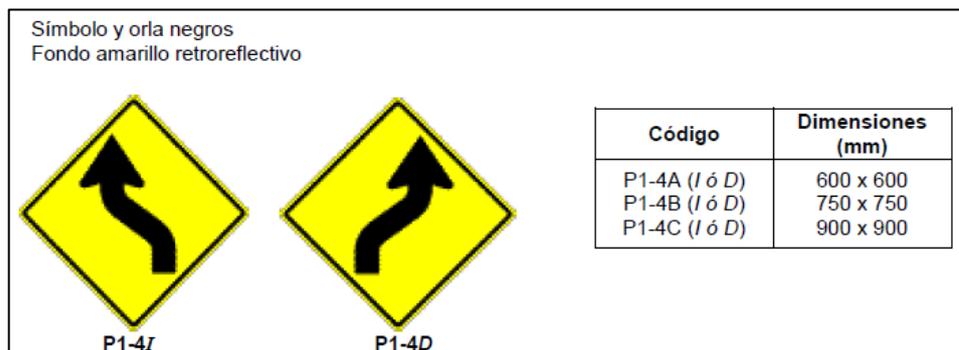


**Figura 7.12** P1-2 CURVA ABIERTA.

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical, 2011.

### P1-4 “CURVA Y CONTRA CURVA ABIERTA”

Indican la aproximación a dos curvas contrapuestas y cuya tangente de separación es menor a 120 m; y se instalan en aproximaciones a esta clase de curvas.

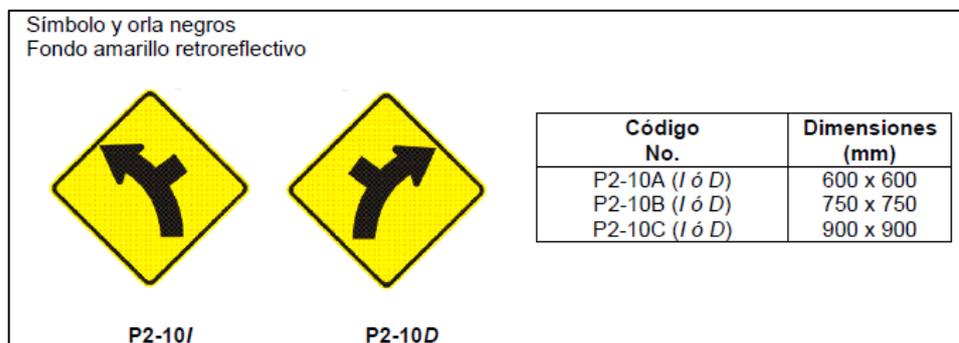


**Figura 7.13** P1-4 Curva y contra curva abierta.

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011. Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical.

## P2-5 “EMPALME LATERAL EN CURVA”

Se aplica en vías rurales y previene al conductor de la aproximación de un empalme externo en curva.

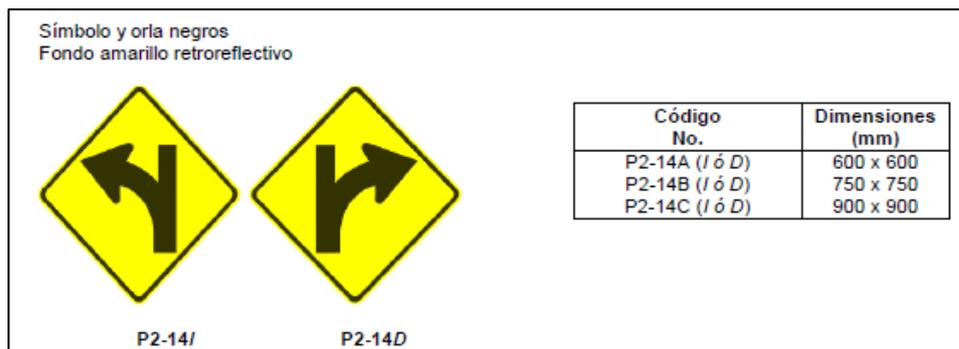


**Figura 7.14** P2-5 EMPALME LATERAL EN CURVA.

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical, 2011.

## P2-14 “VÍA LATERAL EN CURVA”

Se aplica en vías rurales y previene al conductor de la aproximación a una vía lateral izquierda o derecha en curva.

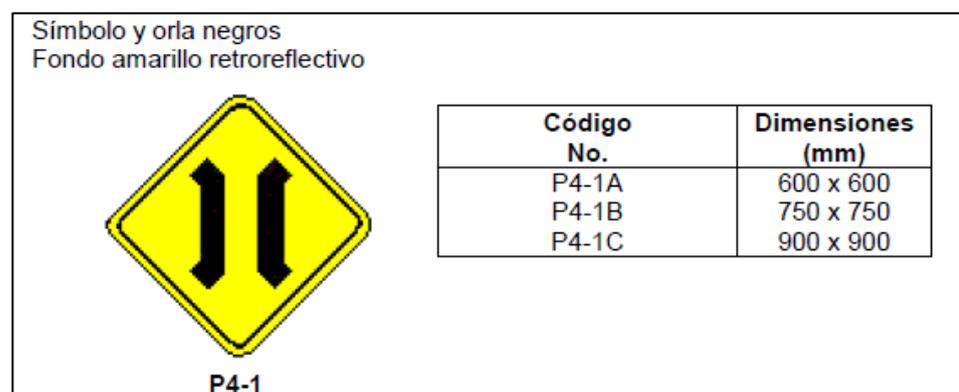


**Figura 7.15** P2-14 VÍA LATERAL EN CURVA.

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical, 2011.

## R4-1 “PUENTE ANGOSTO”

Esta señal debe ser utilizada siempre que adelante exista un puente cuyo ancho sea menor a la calzada de circulación.

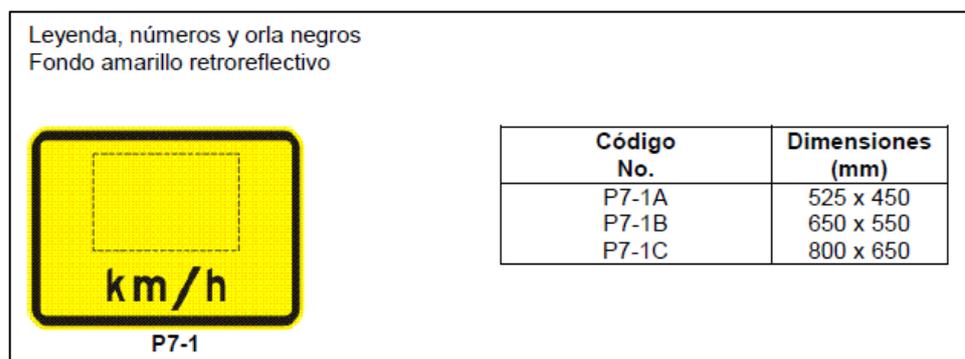


**Figura 7.16** R4-1 “PUENTE ANGOSTO”.

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011, Señalización Vial. Parte 1.  
Señalización Vertical, 2011.

### **P7-1 “KILÓMETROS/HORA”**

Indica la velocidad de circulación recomendable en un tramo de la vía. Esta señal puede utilizarse con las señales de la serie P1.



**Figura 7.17** P7-1 KILÓMETROS/HORA.

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011. Señalización Vial. Parte 1.  
Señalización Vertical.

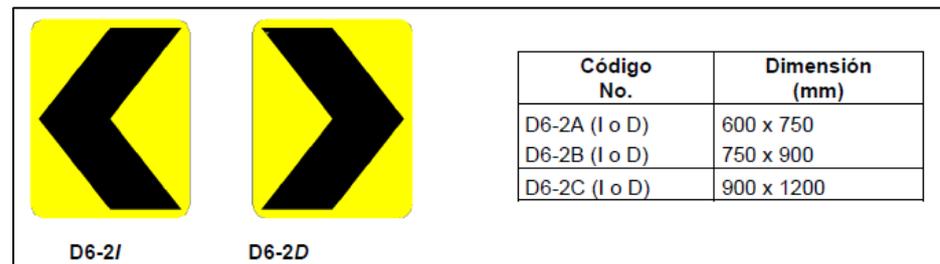
### **7.2.3 Señales especiales delineadoras (código D)**

Delinean al tránsito que se aproxima a un lugar con cambio brusco (ancho, altura y dirección) de la vía, o la presencia de una obstrucción en la misma.

#### **D6-2 “ALINEAMIENTO HORIZONTAL”**

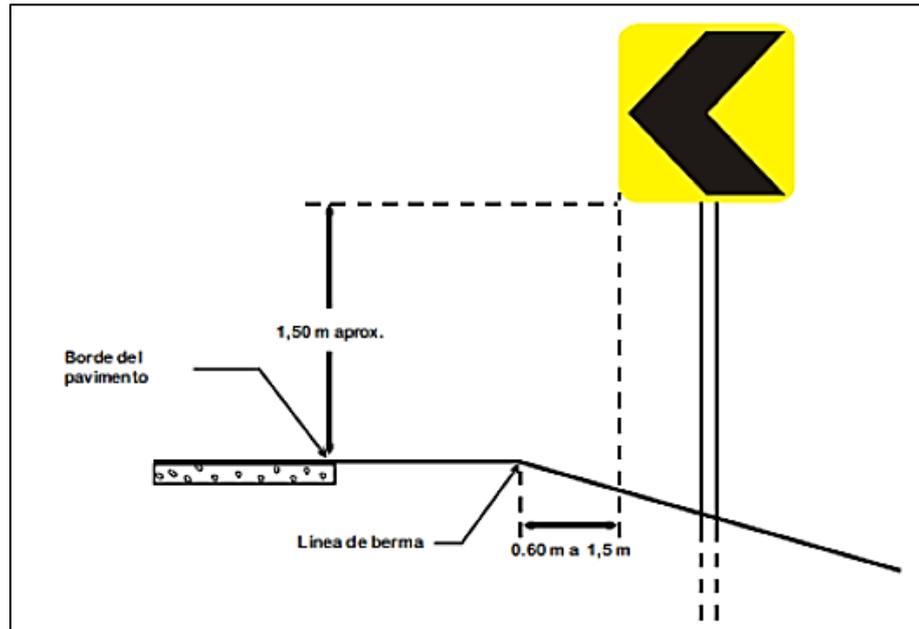
Indica el cambio de rasante en el sentido de circulación que debe de seguir el conductor. Se utiliza en radio de curvas abiertas

logrando ser a izquierda o derecha según el alineamiento de la curva.



**Figura 7.18** D6-2 "ALINEAMIENTO HORIZONTAL.  
**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011. Señalización Vial. Parte 1.  
 Señalización Vertical.

En el caso de vías bidireccionales deberán ser colocadas en dos caras, a una altura de aproximadamente 1,50m y a una distancia entre 0,60 m y 1,50 m a partir del borde exterior del pavimento (en vías sin berma) o la berma.



**Figura 7.19** Dimensiones para la colocación del Alineamiento Horizontal (con berma).

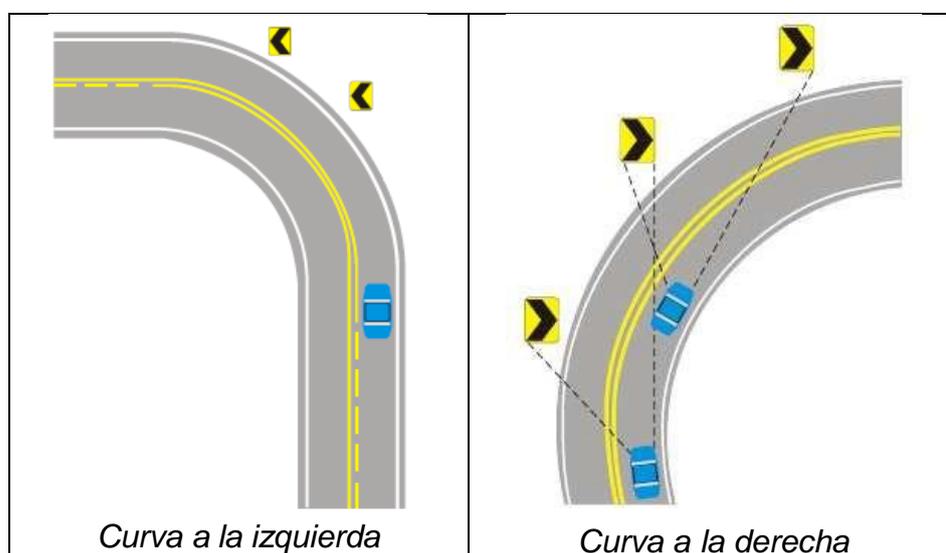
**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical, 2011.

En curvas y en las tangentes de entrada y salida de éstas, el espaciamiento de los delineadores de curva horizontal deberá ser tal que sean visibles para el conductor, como mínimo, tres (3) delineadores a la vez.

**Tabla LXXXVIII.** Espaciamiento máximo de delineadores de curva horizontal.

Radio de curvatura (m)	Espadamiento en curva (m)
15	8
50	10
75	12
100	15
150	20
200	22
250	24
300	27

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011. Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical.



**Figura 7.20** Ubicación longitudinal de los delineadores de curva horizontal.

**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011, Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical, 2011.

#### 7.2.4 Señales turísticas y de servicios

Proporciona información sobre direcciones, sitios de interés y destino turístico, servicios y distancias.

**IS4-31 “PUERTO MARÍTIMO”**

Símbolo y orla blancos retroreflectivos, con fondo azul retroreflectivo.



**Figura 7.21** IS4-31 “PUERTO MARÍTIMO”.  
**Fuente:** RTE INEN 004-1:2011, Señalización Vial. Parte 1.  
Señalización Vertical, 2011.

# **CAPÍTULO 8**

## **IMPACTO AMBIENTAL**

## 8.1 Resumen del proyecto

El proyecto en estudio es el diseño geométrico y estructural de una nueva ruta de acceso ante una propuesta de reubicación del puerto del cantón Balao, con la finalidad de promover el desarrollo económico del cantón y parroquias aledañas. La obra busca fortalecer las rutas de interconexión terrestres y marítimas, para la ágil comercialización de mercancías y el impulso del campo pesquero, acuícola y agropecuario.

<b>Nombre del proyecto</b>	Nueva ruta de acceso hacia el puerto del cantón Balao			
<b>Ubicación Geográfica</b>	Zona	5		
	Región	Costa		
	Provincia	Guayas		
	Cantón	Balao		
<b>Ubicación Cartográfica</b>	UTM Coordenadas WGS1984 Zona 17S			
	Punto	Abscisa	Este	Norte
	1	0 + 000	632377.07	9679244.27
	2	3+ 656	629410.43	9680618.09

Posteriormente a la construcción de una nueva vía surgen beneficios económicos y sociales, pero a su vez también surgen complejos impactos negativos directos e indirectos que afectan de muchas maneras al medio ambiente, el personal en obra y la comunidad. Con el fin de reducir estos efectos adversos, se realizará una evaluación de impacto ambiental, la cual permitirá identificar los recursos que sufren mayor afectación durante el proceso de construcción y mantenimiento del proyecto vial, y de esta forma proponer medidas de mitigación.

Los procesos expuestos en el presente estudio deben cumplir con lo establecido por la legislación ambiental que rige en el Ecuador.

## **8.2 Objetivos**

### **8.2.1 Objetivo general**

Analizar detalladamente los impactos ambientales que se presenten durante la construcción del nuevo acceso al puerto del cantón Balao, identificando los efectos adversos, presentando medidas de mitigación para contrarrestarlos, y reforzando los efectos favorables sobre el ambiente, la comunidad y el proyecto.

### 8.2.2 Objetivos específicos

- Delimitar el área de influencia directa e indirecta del proyecto.
- Describir de forma detallada el medio físico, biológico y socioeconómico; en el cual se desarrolla el proyecto.
- Identificar los impactos ambientales que se generen durante la construcción del nuevo acceso al puerto del cantón Balao.
- Realizar las matrices de Leopold para las etapas de construcción y operación del proyecto.
- Diseñar el plan de manejo ambiental con sus respectivas medidas de mitigación para prevenir, mitigar o compensar los efectos adversos de cada uno de los impactos identificados.
- Establecer los costos para la implementación del plan de manejo ambiental.

### 8.3 Marco legal

- Constitución de la República del Ecuador R.O. 449/ 20-10-2008, Cap. II: Biodiversidad y recursos naturales, Sección segunda, Biodiversidad, Art. 400.

**Art. 400.-** El Estado ejercerá la soberanía sobre la biodiversidad, cuya administración y gestión se realizará con responsabilidad intergeneracional. Se declara de interés público la conservación de la

biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país.

- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria - TULSMA R.O. 725 16-12- 2002, Libro VI: De La Calidad Ambiental, Art 17, 29.

**Art. 17.-** Del pago por servicios administrativos. - Los pagos por servicios administrativos son valores que debe pagar el promotor de un proyecto, obra o actividad a la Autoridad Ambiental Competente, por los servicios de control, inspecciones, autorizaciones, licencias u otros de similar naturaleza.

**Art. 29.-** Responsables de los estudios ambientales. - Los estudios ambientales de los proyectos, obras o actividades se realizarán bajo responsabilidad del regulado, conforme a las guías y normativa ambiental aplicable, quien será responsable por la veracidad y exactitud de sus contenidos. Los estudios ambientales de las licencias ambientales deberán ser realizados por consultores calificados por la Autoridad Competente, misma que evaluará periódicamente, junto con otras entidades competentes, las capacidades técnicas y éticas de los consultores para realizar dichos estudios.

- Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental (TULSMA, LIBRO VI), R.O. 3516 2-03-2003, Art. 58, 59.

**Art. 58.-** Estudio de Impacto Ambiental.- Toda obra, actividad o proyecto nuevo o ampliaciones o modificaciones de los existentes, emprendidos por cualquier persona natural o jurídica, públicas o privadas, y que pueden potencialmente causar contaminación, deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental, que incluirá un plan de manejo ambiental, de acuerdo a lo establecido en el Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA). El EIA deberá demostrar que la actividad estará en cumplimiento con el presente Libro VI De la Calidad Ambiental y sus normas técnicas, previa a la construcción y a la puesta en funcionamiento del proyecto o inicio de la actividad.

**Art. 59.-** Plan de Manejo Ambiental.- El plan de manejo ambiental incluirá entre otros un programa de monitoreo y seguimiento que ejecutará el regulado, el programa establecerá los aspectos ambientales, impactos y parámetros de la organización, a ser monitoreados, la periodicidad de estos monitoreos, la frecuencia con que debe reportarse los resultados a la entidad ambiental de control. El plan de manejo ambiental y sus actualizaciones aprobadas tendrán el mismo efecto legal para la actividad que las normas técnicas dictadas bajo el amparo, del presente Libro VI De la Calidad Ambiental.

- Ley de Caminos, Decreto ejecutivo 285/1964, Cap. I: De los caminos públicos, Art. 2, 3. Cap. IV: De las expropiaciones, indemnizaciones y litigios de caminos, Art. 12, 21.

**Art. 2.-**Control y aprobación de los trabajos. - Todos los caminos estarán bajo el control del Ministerio de Obras Públicas, sin perjuicio de las obligaciones que, respecto de ellos, deban cumplir otras instituciones o los particulares. Todo proyecto de construcción, ensanchamiento, mejoramiento o rectificación de caminos, formulado por cualquier entidad o persona, deberá someterse previamente a la aprobación del Ministerio de Obras Públicas, sin cuyo requisito no podrán realizarse los trabajos, salvo que se trate de caminos internos de una propiedad particular.

**Art. 3.-** Derecho de vía. - Establecese el derecho de vía, que consiste en la facultad de ocupar, en cualquier tiempo, el terreno necesario para la construcción, conservación, ensanchamiento, mejoramiento o rectificación de caminos. En el acuerdo de aprobación del proyecto de una obra vial se determinará el derecho de vía correspondiente. Cuando menos ocho días antes de la ocupación, se dejará la respectiva nota de aviso en la propiedad, bien sea al dueño, o a uno de sus familiares o a cualquier persona morador del inmueble. Si no se encontrare a persona alguna, la nota se dejará a uno de los más cercanos vecinos del predio.

**Art. 12.-Indemnizaciones.-** En orden a las indemnizaciones se considerará que corresponden al dueño del terreno expropiado: el precio comercial, a la fecha de adquisición, del inmueble y a las pertenencias originales que se incluyan en la expropiación; el valor de las mejores puestas por el que se comprendan en la misma; la plusvalía del terreno y pertenencias originales en virtud de la depreciación monetaria; la plusvalía proveniente de obras realizadas por el dueño; la desvalorización que, por efecto de expropiación, acaso sufre la parte del predio que queda en su poder; el valor de las obras de seguridad de sus terrenos marginales; y el valor de los cultivos que se incluyan y las ocupaciones temporales. Pero pertenecerán al Estado o a la entidad encargada del camino: las plusvalías de las cosas expropiadas, provenientes de obras públicas realizadas y de otras causas ajenas a la acción del dueño, y la que tendrá, por la construcción de la nueva obra, la parte del predio que queda en poder del mismo.

**Art. 21.-Destinación pública de caminos y senderos particulares.** - Mediante acuerdo del Ministerio de Obras Públicas, los caminos y senderos de propiedad particular, podrán destinarse al uso público, siempre que sean necesarios para unir poblaciones, o estas con carreteras, o por razones económicas. Las expropiaciones e indemnizaciones correspondientes se ceñirán a las disposiciones de esta

Ley, deduciéndose de la indemnización el valor del provecho que hubiere reportado al propietario particular la explotación del camino.

- Decreto 451. Contratación de obras viales, Art 7.

**Art.7.-**Los estudios de impacto ambiental del proyecto deberán obligatoriamente prever todas las posibilidades de conflictividad social por razones ambientales.

- Ley Orgánica de la Salud, Código de la Salud, Decreto Supremo No. 188, Registro Oficial No. 158 del 8 de febrero de 1971, Art. 12.

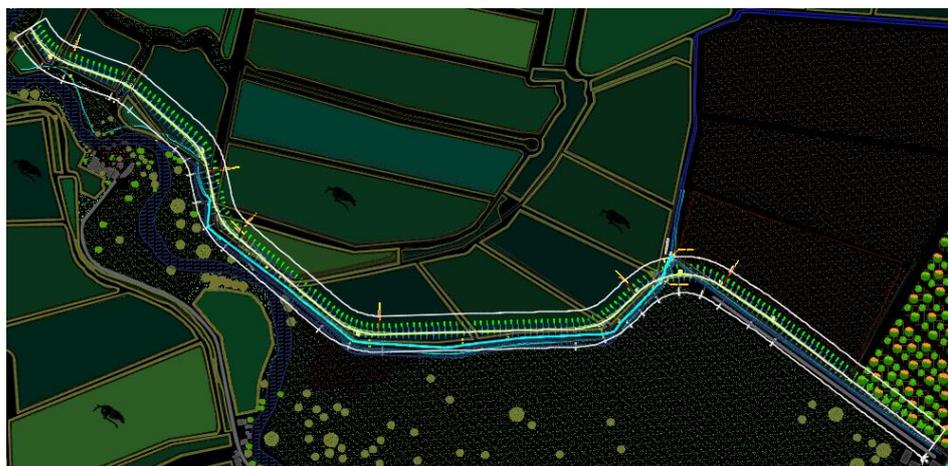
**Art. 12.-** Los reglamentos y disposiciones sobre molestias públicas, tales como, ruidos, olores desagradables, humos, gases tóxicos, polvo atmosférico, emanaciones y otras, serán establecidas por la autoridad de salud.

## **8.4 Área de influencia del proyecto**

### **8.4.1 Área de influencia directa (AID)**

El área de influencia directa comprende los impactos que ocurren en el medio ambiente y que son atribuibles a la construcción, operación y mantenimiento de la obra. La NEVI-12 VOLUMEN 4 dispone que, si se considera la acción directa de limpieza, desbroce y de

movimiento de tierra; entonces el ancho del AID no debe superar los 40 a 60 m. De esta forma se ha delimitado el área de influencia directa (AID) considerando una franja de 60 m a cada lado del eje de la vía, alcanzando una superficie de 43.86 ha.

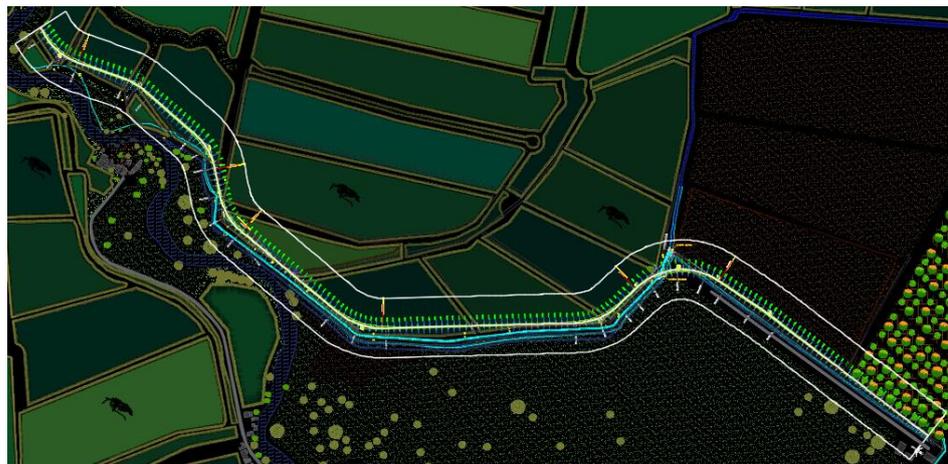


**Figura 8.1** Área de Influencia Directa (AID).  
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

#### **8.4.2 Área de influencia indirecta (AII)**

El área de influencia indirecta representa la zona de impactos causados por el aumento de actividad socioeconómica en los próximos 20 a 40 años, más allá del aumento que ocurrirían sin el proyecto.

Para definir el Área de Influencia Indirecta (AII) se consideró una franja de 100 m a partir del eje de la vía, alcanzando una superficie de 73.11 ha.



**Figura 8.2** Área de Influencia Indirecta (AII).  
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

## 8.5 Línea base ambiental

La línea base ambiental se define como la descripción de los elementos del medio ambiente que se encuentren en el área de influencia del proyecto en la situación actual, es decir, sin que exista la influencia de las nuevas intervenciones antrópicas.

### 8.5.1 Descripción del medio físico

#### 8.5.1.1 Localización

El proyecto de la nueva vía se encuentra ubicado en el Cantón Balao, al sur de la Provincia del Guayas; y comunica el Canal de Jambelí con el corredor vial primario E25.

Conecta por vía terrestre a la parroquia San Carlos, el recinto Sta. Rita y la cabecera cantonal de Balao; mientras por medio fluvial al Puerto de Balao con la Isla Puná.

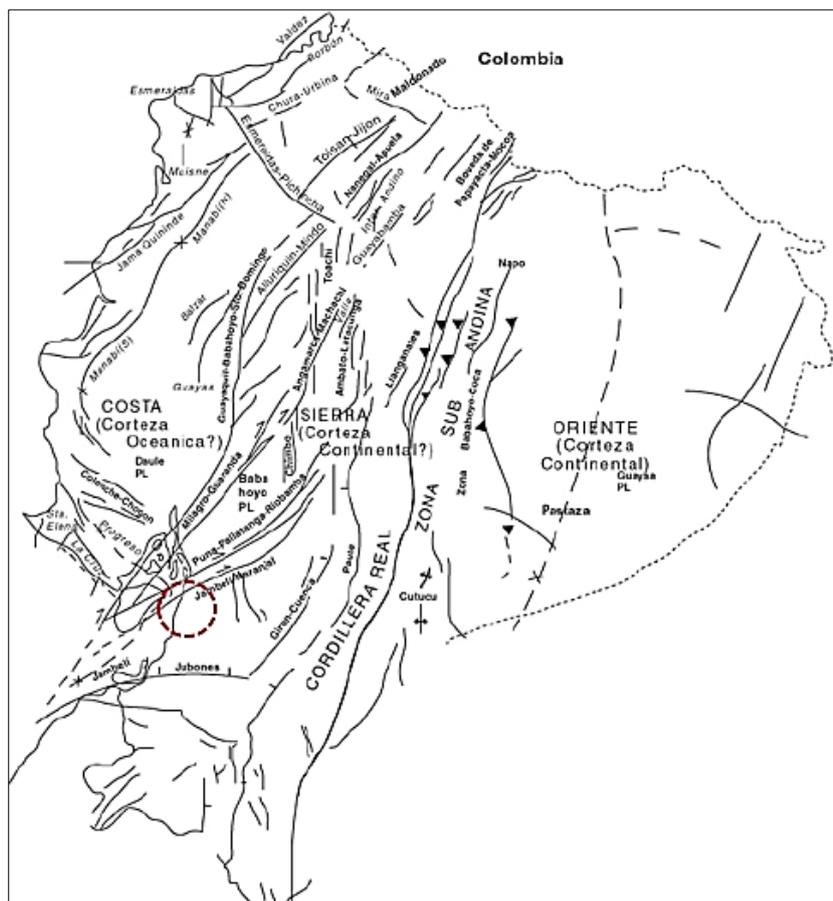
#### **8.5.1.2 Geología**

La zona donde se localiza el cantón Balao está formada por la llanura del Río Guayas, que a su vez está formada por los ríos Daule y Babahoyo; y ésta constituida por depósitos aluviales recientes de arcillas, arenas y limos, distribuidos paralelamente de norte a sur a ambos márgenes del río Guayas.

La geología de la cuenca sedimentaria que baja del río Guayas está íntimamente relacionada con los procesos que dieron origen a la cordillera de los Andes a partir de la función de la corteza oceánica con la antigua placa continental y también con las transformaciones de esta cordillera durante el periodo Terciario. La existencia de estratos alternados de arcilla y grava arenosa es un indicativo de una alternabilidad en el predominio de un tipo u otro de deposición, a través de su historia geológica.

En el área de estudio aproximadamente a unos 30 km al norte se localiza el Sistema Transcurrente Puna-Pallatanga-

Riobamba, este sistema es una importante expresión morfológica en el segmento Pallatanga, donde se llegó a determinar una velocidad de +/- 4mm por año para su movimiento dextral, pocos sismos pueden ser asociados con este segmento cerca de Chunchi y en la Troncal.



**Figura 8.3** Mapa Geológico de Ecuador.  
**Fuente:** Núñez del Arco, E., Geología del Ecuador,  
 Guayaquil, Ecuador, 2003.

### **8.5.1.3 Geomorfología**

La zona corresponde a la unidad denominada Llanura Costera Central, cuya pendiente varía entre 1-25%, y su Pie de Monte con un ancho general comprendida entre 50 y 10 km en la parte norte se ensancha en el sector de Naranjal y Balao.

El 70% del terreno está formado por sectores planos y sedimentarios que pertenecen a la llanura aluvial inicial del río Guayas, estos depósitos aluviales están formado por arcilla, limos y arenas.



#### **8.5.1.5 Uso de suelo**

La población de la comunidad de Balao dedica el uso del suelo para actividades como: la agricultura, ganadería, comercio y acuicultura. A lo largo de la nueva vía se encuentran grandes extensiones de piscinas camaroneras y pequeñas regiones agrícolas y ganaderas. Las plantaciones consisten principalmente en: banano, cacao, y café. En general el uso del suelo en el área del proyecto es utilizado por la actividad agrícola y acuícola.

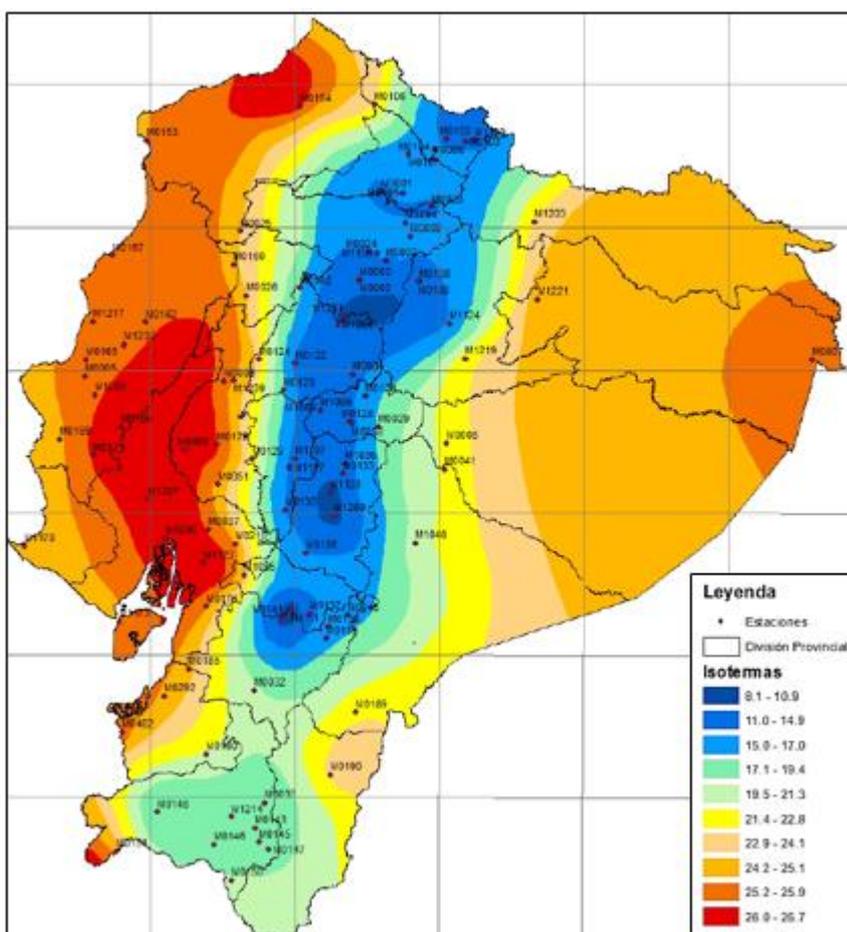
#### **8.5.1.6 Topografía**

Las características topográficas del sector cuentan con una pendiente natural que recorre de Este a Oeste entre 0-2 % correspondiente a un terreno de nivel plano; con desnivel relativo de 0-5 m. Las cotas del terreno oscilan entre 7 y 11 msnm (IGM).

#### **8.5.1.7 Temperatura**

Las temperaturas fueron tomadas de la estación meteorológica M0185 ubicada en Machala provincia del Oro, estación cercana a la zona del proyecto. En los meses de invierno desde Enero hasta Mayo, se representa una

temperatura máxima de 26.8 °C y mínima de 25.9 °C. En cambio, para los meses de verano desde Junio hasta Diciembre se presenta una temperatura máxima de 25.1 °C y mínima de 22.2 °C. La temperatura media anual es de 24.7 °C.



**Figura 8.5** Mapa de Isothermas Anual.

**Fuente:** INAMHI. Anuario Meteorológico, 2011.

#### **8.5.1.8 Precipitación**

Las precipitaciones fueron tomadas de la estación meteorológica M0185, ubicada en Machala cerca de la zona del proyecto. El tiempo lluvioso es de cuatro meses que van desde Enero hasta Abril con una precipitación máxima de 426.8 mm, los meses de Mayo a Diciembre se conocen como de transición y se registran escasas lluvias con una precipitación media de 36.4 mm; excepto los meses de Mayo y Julio con precipitaciones de 85.6 y 70.2 mm respectivamente. La precipitación anual es de 1 224.7 mm/año.

#### **8.5.1.9 Humedad Relativa**

Según registros del INAMHI de la estación M0185 Machala, la humedad relativa media está en el orden del 92.0%, con pocas variaciones mensuales, es decir, el aire presenta una concentración de humedad relativamente constante.

#### **8.5.1.10 Vientos**

Las velocidades de viento fueron tomadas de la estación meteorológica M0185 ubicada en Machala provincia del Oro, cercana a la zona del proyecto. La máxima velocidad

del viento es de 2 km/h y la mínima de 0.9 km/h. De los datos obtenidos se tiene una velocidad media anual de 1.3 km/h.

#### 8.5.1.11 Nubosidad

Según registros del INAMHI de la estación M0185 Machala los valores mensuales de nubosidad oscilan entre 8 y 6 octas. Estos valores son sumamente regulares correspondiendo a los meses desde Enero, Febrero, Abril hasta Julio el valor de 7 octas, un valor de 6 octas para los meses de Marzo y Diciembre y un valor de 8 octas en Agosto. De los datos obtenidos se tiene una nubosidad media anual de 7 octas.

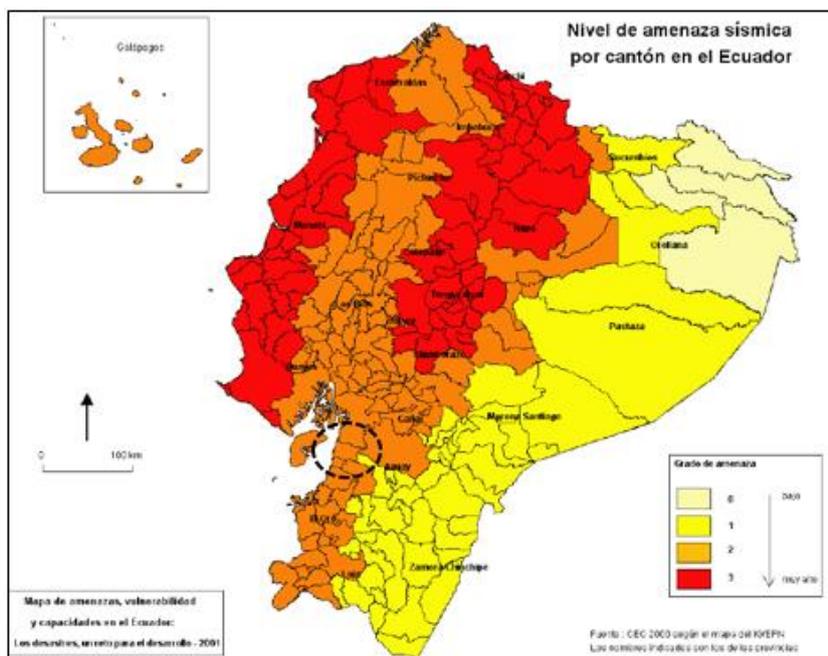
**Tabla LXXXIX** Datos de la Estación meteorológica M0185 Machala.

ESTACIÓN	M0185 MACHALA		LATITUD	3° 3' 0" S		PERIODO	2011						
PROVINCIA	ORO		LONGITUD	79° 44' 0" W		ALTITUD	13 m						
		MESES											
PARÁMETRO	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOST	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Precipitación (mm)	122.0	247.3	54.2	426.8	85.6	34.0	70.2	58.0	36.3	34.5	35.2	20.6	1 224.7
Temperatura (°C)	25.9	26.3	26.8	26.4	26.4	24.5	23.6	22.6	22.9	22.2	23.4	25.1	24.7
Humedad (%)	93	92	92	92	93	92	90	92	91	92	92	92	92
Viento (km/h)	1.3	1.5	2.0	1.4	1.0	1.0	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.3
Evaporación	134.3	125.5	149.2	88.9									
Nubosidad (Octas)	7	7	6	7	7	7	7	8	7	7	7	6	7

**Fuente:** INAMHI. Anuario Meteorológico, 2011.

#### 8.5.1.12 Riesgo sísmico

El peligro sísmico es potencialmente la amenaza que más daños puede causar en el país. Para determinar los niveles de amenaza sísmica para el cantón Balao se tomó como referencia la zonificación sísmica elaborada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, donde por su ubicación al cantón Balao le corresponde un valor de 2 para la zona III, el cual representa un grado de amenaza alto.

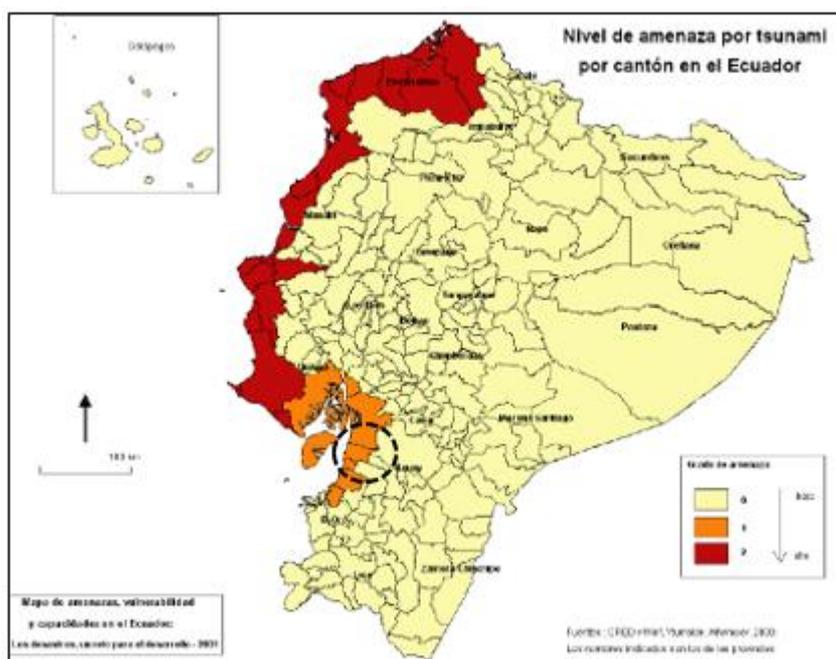


**Figura 8.6** Mapa de nivel de amenaza sísmica por cantón en el Ecuador.

**Fuente:** Código Ecuatoriano de Construcción (CEC 2000) según el mapa del IG/EPN.

### 8.5.1.13 Riesgo de tsunami

Los tsunamis están ligados a los sismos en las zonas costeras, para la valoración del peligro de tsunami se emplea el mapa de amenaza de sísmica. El cantón Balao se encuentra en la zona sísmica III y tiene un grado 2 de amenaza considerado relativamente alto, como consecuencia de esto, el grado de amenaza por tsunami es medio con un valor de 1.

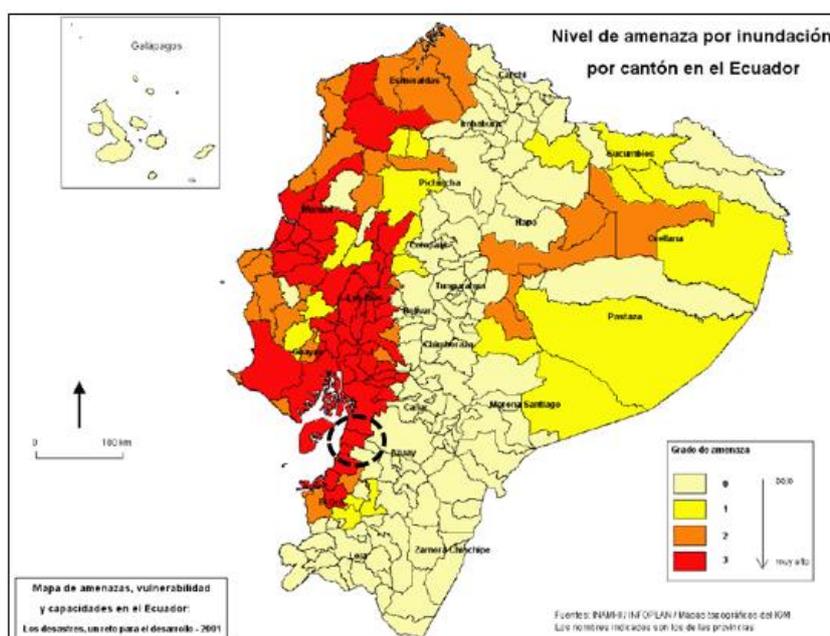


**Figura 8.7** Mapa de nivel de amenaza por tsunami por cantón en el Ecuador.

**Fuente:** CRED y Wolf, Yturralde, Whympfer, 2000.

### 8.5.1.14 Riesgo de inundación

El cantón Balao se encuentra en una zona con gran peligro de inundación es decir de grado 3. Se trata de zonas que sufrieron inundaciones durante los dos últimos eventos de El Niño (1982-83 y 1997-98), ya sea que estos ocurrieran por desbordamiento de ríos o por precipitaciones extremas.



**Figura 8.8** Mapa del nivel de amenaza por inundación por cantón en el Ecuador.

**Fuente:** INAMHI. INFOPLAN. Mapas topográficos del IGM.

### 8.5.2 Descripción del medio biológico

Se efectuó la identificación in situ de la abundante diversidad biológica de flora y fauna halladas en la zona de estudio.

### 8.5.2.1 Flora

El área del proyecto corresponde a una zona con alta intervención antrópica, donde se han eliminado vestigios del ecosistema debido a la construcción de varias piscinas camaroneras, convirtiéndose en una zona con escasos sectores de áreas verdes. Las formaciones vegetales existentes han sido transformadas por la intervención del hombre en áreas de cultivo agrícola, con el fin de ayudar al desarrollo del cantón. Se puede identificar dos unidades homogéneas de vegetación: matorral y cultivos agrícolas. El proyecto ocupa pequeñas partes de estas dos unidades de vegetación, son los terrenos destinados a las piscinas camaroneras las que mayormente se ven afectados.

**Tabla XC** Flora presente en el área del proyecto.



Familia: Malvaceae  
Especie: T. cacao  
N.C: Cacao

Descripción: Crece entre 5 a 10 m de altura, necesita de humedad y de calor.

Familia: Boraginaceae  
Especie: Cordia lutea  
N.C: Moyuyo

Descripción: Es un arbusto de hermosas flores amarillas.

Malezas



Familia: Caricaceae  
Especie: Carica  
papaya  
N.C: Papaya

Descripción: Se trata de un arbusto herbáceo de tronco no ramificado, cultivado presenta una altura entre 1.8 y 2.5 m.



Familia: Fabaceae  
Especie: Prosopis  
juliflora  
N.C: Algarrobo

Descripción: Es un arbusto o pequeño árbol espinoso que crece hasta 12 m. Su fruto es una vaina indehiscente.



Especie: Axonopus  
scoparius  
N.C: Gramalote

Descripción: Es una especie herbáceo de hojas alargadas. Se usa de forraje.



Familia: Musaceae  
Especie: Musa  
paradisiaca  
N.C: Banana o  
guineo

Descripción: Planta cuyo fruto es una falsa baya de forma alargada crece en racimos de hasta cien unidades.



Familia: Gramínea  
Especie: Panicum  
maximum  
N.C: Hierba

Descripción: Alcanza los 1 a 2.5 m de altura con tallos semidescumbente y pelos largos, hojas alternas, inflorescencia en panícula y flores pediceladas.



Familia:  
Euphorbiaceae  
Especie: Ricinus  
communis  
N.C: Higuera

Descripción: Arbusto de hasta 4 m de altura de tallo hueco, sus hojas tienen forma de estrella, sus frutos son globosos y espinosos.

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### 8.5.2.2 Fauna

La zona de estudio posee un alto grado de intervención antrópica, el cual ha provocado que la fauna nativa del sector migre a otros ecosistemas acorde a sus condiciones de vida. En el área del proyecto, la falta de vegetación primaria a

causa de la construcción de piscinas camaroneras ha provocado que la presencia de fauna nativa disminuya. Se encontraron especies que corresponden a una fauna introducida como los perros y gallinas pertenecientes a las viviendas de alrededor.

**Tabla XCI** Fauna presente en el área del proyecto.

**ANIMALES**



Familia: Cuculidae  
Especie: *Crotophaga sulcirostris*  
N.C: Garrapatero

Descripción: Ave de plumaje negro, pico curvo, patas pequeñas y cola larga y redondeada. Habita en los campos de cultivo, montes y zonas próximas al agua.



Familia: Cathartidae  
Especie: *Coragyps atratus*  
N.C: Gallinazo negro

Descripción: Ave diurna carroñera de plumaje negro, sin plumas en la cabeza y cuello, es común en zonas abiertas y habitadas.



Familia: Psittacidae  
Especie: *Forpus coelestis*  
N.C: Periquitos del pacifico o viviña

Descripción: Ave pequeña y de color verde, habita en bosques secundarios y matorrales. Se alimenta de semillas y bayas de los arbustos.



Familia: Ardeida  
Especie: *Bubulcus ibis*  
N.C: Garza bueyera

Descripción: Ave de tamaño mediano, plumaje blanco, pico y patas largas. Los ojos y el pico



Familia: Canidae  
Especie: *Canis lupus familiaris*  
N.C: Perro

Descripción: Mamífero de gran diversidad de razas y tamaños.



Familia: Phasianidae  
Especie: *Gallus gallus*  
N.C: Gallinas

Descripción: Tienen una cresta rojiza en la cabeza, están cubierto de plumas en gran parte de su cuerpo. Las gallinas

amarillento y patas grises.

son más pequeñas que los gallos.



Familia: Equidae  
Especie: Equus caballus  
N.C: Caballo

Descripción: Los équidos son de gran tamaño con cabeza y cuello alargados, de grandes ojos, orejas derechas y móviles y sus patas son finas, pero poseen una musculatura fuerte y provista de tendones.

Filo: Arthropoda  
Especie: Caridea

Descripción: Son un infraorden de crustáceos decápodos marinos o de agua dulce, conocidos comúnmente como camarones, quisquillas o esquilas.

Familia: Noctilionidae  
Especie: Noctilio leporinus  
N.C: Murciélago

Descripción: En su parte dorsal es de color anaranjado, pardo o café, tiene orejas largas y angostas, y labio superior agrietado.

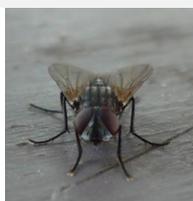
**INSECTOS**



N.C: Abejas  
Familia: Apidae

N.C: Cucaracha  
Familia: Blatidae

N.C: Mariposa diurnas  
Familia: Limacodidae



N.C: Mosca y Mosquito domésticos Familia: Muscidae	N.C: Polilla Familia: Sphingidae	N.C: Hormigas Familia Formicidae)
--	-------------------------------------	--------------------------------------

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### 8.5.3 Descripción del medio sociocultural

#### 8.5.3.1 Componente social y económico

El cantón Balao cuenta con una población de 20 500 habitantes según el INEC-Censo de Población y Vivienda realizado en el 2010. La población del cantón representa el 0.6% del total de la provincia del Guayas, de este porcentaje el 55.1% de su población reside en el área rural. Adicional a esta información el 53.4% de la población del cantón es económicamente activa (PEA).

Los principales productos que se siembran en la zona son: banano, cacao y ciclo corto. El cantón al contar con el puerto es un gran centro de comercialización de toda clase de productos de primera necesidad. Por lo que podemos concluir que la principal actividad que genera mayor ingreso al cantón es el comercio al por mayor y al por menor.

En el cuadro a continuación, se presentan las diferentes actividades económicas del lugar con el respectivo porcentaje de la población que se dedica a dicha actividad.

**Tabla XCII** Indicador económico.

<b>Actividades</b>	<b>Porcentaje</b>
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	70.6
Comercio al por mayor y menor	9.8
Transporte y almacenamiento	2.8
Industrias manufactureras	2.8
Construcción	2.8
Enseñanza	2.1
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	2.0
Actividades de los hogares como empleadores	1.9
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	1.2
Administración pública y defensa	1.2
Otros	2.8

**Fuente:** INEC-Censo de Población y Vivienda, 2010.

### **8.5.3.2 Componente arqueológico**

De conformidad con la Ley de Patrimonio Cultural, en caso de que se diera un hallazgo de valor arqueológico o cultural, durante el movimiento de las tierras se deberá suspender las actividades y se informará inmediatamente al INPC.

En el área de intervención no se registra indicios de material arqueológico, lo que si implica son grandes volúmenes de material de relleno empleado.

## **8.6 Impactos ambientales**

### **8.6.1 Impacto ambiental positivo**

- La implementación de la nueva vía busca promover el desarrollo socioeconómico del cantón y parroquias aledañas, ya que permitirá la ágil circulación de vehículos destinados a la comercialización de mercancías.
- Impulsar al cantón Balao en el campo pesquero, acuícola y agropecuario.
- Desvió del tráfico pesado que actualmente circula por las calles de la cabecera cantonal, con el fin de reducir la peligrosidad.
- Proporcionar trabajo temporal a los habitantes del lugar durante el proceso de construcción de la obra vial.

### **8.6.2 Impacto ambiental negativo**

- Afectación del suelo por la eliminación de la cobertura vegetal y compactación.
- Contaminación del aire por la producción de polvo y ruido en el área del proyecto.
- Afectación del recurso suelo por la disposición de desechos sólidos generados por los obreros y demás personal en obra.
- Afectación estética del sector por la presencia de maquinarias, materiales pétreos y campamento.
- Alteración de la calidad de vida de los habitantes localizados en el aire a influencia directa de la vía.
- Afectación económica a los dueños de las piscinas de cultivo de camarón localizadas en el área de influencia directa del proyecto.
- Riesgos por accidentes de los obreros, personales y transeúntes en el proceso de construcción de la vía.

### **8.7 Valoración y evaluación de los impactos ambientales**

En el ANEXO III, se detallan cada una de las matrices de evaluación de Leopold, en donde se enlistan las actividades a realizar en las etapas de construcción, operación y mantenimiento de la obra y se muestra la afectación de cada medio al llevar a cabo dichas actividades.

Una vez realizada la matriz de evaluación de Leopold se puede concluir que en el proyecto del nuevo acceso hacia el puerto del Cantón Balao, para su etapa de construcción, los mayores impactos generados se darán en el recurso suelo; debido a los procesos de corte y relleno a lo largo de la vía. Mientras que la actividad que mayor impacto genera es el movimiento de tierra, el cual se considera un factor determinante de los posibles impactos ambientales en la construcción de una carretera; ésta actividad tiene afectación en la vegetación y fauna del sector. Otra de las afectaciones de mayor peso se da en el recurso aire por el polvo generado en la construcción.

Por otro lado, en la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, los mayores impactos ambientales que se proyectan son en el recurso aire, porque una vez habilitada para la circulación de la carretera, el ruido y el CO<sub>2</sub> generado por el tránsito de los vehículos influye en sus alrededores.

### **8.8 Plan de manejo ambiental**

El Plan de Manejo Ambiental tiene como objetivo identificar, evaluar, y mitigar los potenciales impactos ambientales negativos. La mitigación de estos impactos se realiza mediante un conjunto de medidas ambientales

que van de acuerdo con las actividades a ser desarrolladas durante las etapas de ejecución de la obra.

#### **8.8.1 Medidas de mitigación**

Se entiende por medida de mitigación a la implementación de cualquier acción que tiene como finalidad eliminar o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante las diversas etapas de ejecución de un proyecto.

#### **8.8.2 Medidas compensatorias**

Las medidas de compensación ambiental tienen por finalidad causar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado.

#### **8.8.3 Medidas de prevención**

El objetivo de las medidas de prevención es evitar, en la medida de lo posible, los impactos ocasionados por el proyecto antes de que estos lleguen a producirse.

#### **8.8.4 Medidas de contingencia**

Las medidas de contingencia se caracterizan por ser de respuesta inmediata ante efectos adversos sobre el ambiente, debido a situaciones de origen natural o producto de actividades humanas.

**Tabla XCIII.** Plan de manejo ambiental etapas de construcción y operación de la obra vial.

<b>IMPACTO</b>	<b>MEDIDA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ETAPA</b>	<b>RESPONSABLE</b>
RIESGO DE ACCIDENTES EN OBRA	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL PARA LA OBRA	Colocación de señalización vial de advertencias sobre obra en proceso.	Construcción	Constructora / Fiscalizador
RIESGO DE ACCIDENTES LABORALES	DISPONER DE BOTIQUÍN DE PRIMEROS AUXILIOS	Disponer de un botiquín de primeros auxilios para atender cualquier urgencia médica menor que se de en obra.	Construcción	Constructora / Fiscalizador
	INSUMOS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD	Entregar equipos de seguridad al personal.	Construcción	Constructora / Fiscalizador
RIESGOS DE ACCIDENTES VIALES	MANTENIMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN PERMANENTE DE LA OBRA	Mantenimiento de señalización vertical: reparación, reposición, o colocación de señales verticales. Mantenimiento de señalización horizontal: repintado o implementación de señalización horizontal.	Operación	Municipio

	MANTENER EN BUEN ESTADO LA OBRA	Recogida de basura y cualquier residuo sólido para evitar obstrucciones en la vía.	Operación	Municipio
	BACHEO ASFÁLTICO COMÚN O MENOR	Reparación de áreas pequeñas de superficie pavimentada con mezcla asfáltica.	Operación	Municipio
CONTAMINACIÓN POR RUIDO	INSPECCIÓN DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS	Los equipos o maquinarias de la obra deberán encontrarse en buen estado mecánico. Se debe exigir la utilización de silenciadores en los escapes de los vehículos, maquinaria y equipos.	Construcción	Constructora
	CONTROL DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE MATERIALES	Se evitarán aglomeraciones de los vehículos que transportan materiales para la obra.	Construcción	Constructora / Fiscalizador
	INFORMAR A LA POBLACIÓN CERCA A LA OBRA	Cumplir jornadas entre las 07h00 y 17h00, para evitar molestias en el sector, en caso de requerir horarios nocturnos notificar a los habitantes del área de influencia.	Construcción	Constructora / Fiscalizador

CONTAMINACIÓN POR MATERIAL PARTICULADO	CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO	Humedecimiento de los áridos, áreas de trabajo y de circulación vehicular para evitar la suspensión de material particulado en el ambiente.	Construcción	Constructora
	USO DE LONAS EN VOLQUETAS	Exigir el uso de lonas de seguridad sobre los baldes de las volquetas, para evitar pérdida de material y accidentes en las vías.	Construcción	Constructora
CONTAMINACIÓN POR GASES	INSPECCIÓN DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS	Los equipos o maquinarias de la obra deberán recibir el oportuno mantenimiento.	Construcción	Constructora
CONTAMINACIÓN DEL SUELO	RECICLAJE Y MANEJO DE SUSTANCIA TÓXICAS	Cualquier tipo de sustancia debe ser recogida para su posterior tratamiento, de esta forma evitar que estas se infiltren al suelo.	Construcción	Constructora

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

## 8.9 Conclusiones

- Se generan impactos ambientales negativos en la ejecución del proyecto que afectan a los recursos naturales del lugar y a la población que reside alrededor; con el fin de minimizar estos impactos se establecieron medidas ambientales.
- Con el levantamiento de información de la línea de base ambiental se realizaron comparaciones posteriores a la ejecución del proyecto, las cuales permitieron desarrollar las evaluaciones de impacto ambiental.
- Con la construcción de la obra vial se identificaron impactos beneficiosos como: el desarrollo del cantón al mejorar la conexión vial local, y la generación de empleo temporal para los habitantes del lugar.
- La actividad de mayor impacto en la construcción de la nueva vía se da por el movimiento de tierra, que tiene afectación en la flora y fauna de la zona de influencia.
- Existe impacto social negativo hacia los propietarios y arrendatarios de los predios donde se construirá la vía, debido a que el público en general tendría acceso a las cercanías de las piscinas y cosechas.

## **CAPÍTULO 9**

### **PRESUPUESTO DE OBRA**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**NOMBRES DE LOS PROPONENTES:** CATHERINE ARCENTALES- JAIME RIVERA

**PROYECTO:** NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO

**UBICACIÓN:** PROVINCIA DEL GUAYAS

**Tabla XCIV** Presupuesto de obra.

<b>PRESUPUESTO VIAL</b>		
<b>RUBRO</b>	<b>DETALLES</b>	<b>TOTAL</b>
1	PRELIMINARES	\$ 115,254.51
2	MOVIMIENTO DE TIERRA	\$ 691,803.23
3	PAVIMENTO	\$ 956,612.58
4	TIERRA ARMADA	\$ 1,228,456.74
5	DRENAJE	\$ 179,985.58
6	SEÑALIZACIÓN VIAL	\$ 24,839.50
7	EXPROPIACIONES	\$ 80,000.00
8	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	\$ 11,370.00
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 3,288,322.15</b>
<b>PRESUPUESTO DE PUENTE</b>		
<b>RUBRO</b>	<b>DETALLES</b>	<b>TOTAL</b>
9	PRELIMINARES	\$ 9,873.47
10	MOVIMIENTO DE TIERRA	\$ 1,459.09
11	SUBESTRUCTURA	\$ 135,252.42
12	SUPERESTRUCTURA	\$ 467,708.48
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 614,293.45</b>
	<b>SUBTOTAL PROYECTO</b>	<b>\$ 3,902,615.59</b>
	<b>12% IVA</b>	<b>\$ 468,313.87</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4,370,929.47</b>

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

**Tabla XCV Presupuesto vial.  
PRESUPUESTO VIAL**

<b>RUBRO</b>	<b>DETALLES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				<b>\$ 115,254.51</b>
1.1	Desbroce y limpieza de terreno (Inc. Desalojo)	Ha	7.3	\$ 1,252.44	\$ 9,142.78
1.2	Caseta para almacenamiento de materiales y guardiana	m2	20	\$ 54.79	\$ 1,095.89
1.3	Trazado y Replanteo	m2	73 240	\$ 1.42	\$ 104,168.93
1.4	Instalación eléctrica provisional	glb	1	\$ 276.75	\$ 276.75
1.5	Instalación AAPP provisional	glb	1	\$ 249.41	\$ 249.41
1.6	Instalación AASS provisional	gbl	1	\$ 320.76	\$ 320.76
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				<b>\$ 691,803.23</b>
2.1	Excavación sin clasificar (inc. Desalojo)	m3	620	\$ 5.65	\$ 3,504.39
2.2	Material de préstamo importado no cribado (inc. Transporte)	m3	99 690	\$ 6.23	\$ 620,570.25
2.3	Conformación de Terraplén	m3	99 690	\$ 0.68	\$ 67,728.59

<b>3</b>	<b>PAVIMENTO</b>				<b>\$ 956,612.58</b>
3.1	Carpeta Asfáltica mezclada en planta e=4"	m2	45 080	\$ 14.46	\$ 652,073.18
3.2	Imprimación asfáltica	m2	45 080	\$ 1.31	\$ 58,999.80
3.3	Base Clase 3 (inc. Transporte, tendido y compactación)	m3	6 744	\$ 21.20	\$ 143,001.80
3.4	Sub Base Clase 3 (inc. Transporte, tendido y compactación)	m3	6 744	\$ 15.20	\$ 102,537.80
<b>4</b>	<b>TIERRA ARMADA</b>				<b>\$ 1,228,456.74</b>
4.1	Geotextil T2400 (inc. Instalación)	m2	350 000	\$ 2.67	\$ 934,020.15
4.2	Geomembrana e=1 mm (inc. Instalación)	m2	36 650	\$ 8.03	\$ 294,436.59
<b>5</b>	<b>DRENAJE</b>				<b>\$ 179,985.58</b>
5.1	Excavación y relleno para estructuras	m3	340	\$ 9.56	\$ 3,251.54
5.2	Suministro e instalación de tubería Ø=1000 mm H.A. (inc. Entibado)	ml	251.45	\$ 329.90	\$ 82,952.70
5.3	Muro de Hormigón Armado (fc=210 kg/cm <sup>2</sup> , fy=4200kg/cm <sup>2</sup> )	m3	165.34	\$ 513.60	\$ 84,919.26

5.4	Geotextil NT1600	m2	2 040	\$ 1.85	\$ 3,768.52
5.5	Geomembrana e=1 mm (inc. Instalación)	m2	680	\$ 7.49	\$ 5,093.56
<b>6</b>	<b>SEÑALIZACIÓN VIAL</b>				<b>\$ 24,839.50</b>
6.1	Línea amarilla segmentada, para separación de circulación opuesta A=150mm	ml	1 190	\$ 0.95	\$ 1,130.50
6.2	Línea amarilla continua, para separación de circulación opuesta A=150mm	ml	2 480	\$ 1.10	\$ 2,728.00
6.3	Línea blanca continua para borde de carril A=150mm	ml	7 330	\$ 0.90	\$ 6,597.00
6.4	Tachas reflectiva bidireccional amarilla	u	306	\$ 5.00	\$ 1,530.00
6.5	Tachas reflectiva unidireccional blanca	u	612	\$ 4.50	\$ 2,754.00
6.6	Delineadores de curva horizontal (chevrones)	u	24	\$ 150.00	\$ 3,600.00
6.7	Señal preventiva lateral de velocidad máxima 750x750 mm	u	15	\$ 220.00	\$ 3,300.00
6.8	Señal preventiva lateral de peso máximo 750x750 mm	u	2	\$ 220.00	\$ 440.00
6.9	Señal preventiva lateral de curva abierta a la izquierda 750x750 mm	u	3	\$ 220.00	\$ 660.00
6.10	Señal preventiva lateral de curva abierta a la derecha 750x750 mm	u	3	\$ 220.00	\$ 660.00

6.11	Señal preventiva lateral de curva sinuosa 750x750 mm	u	4	\$ 220.00	\$ 880.00
6.12	Señal informativa lateral de Puente 1500x1000 mm	u	2	\$ 280.00	\$ 560.00
6.13	Señal informativa lateral de la carretera 1500x1000 mm	u	2	\$ 350.00	\$ 700.00
<b>7 EXPROPIACIONES</b>					
	Terrenos Expropiados a la propiedad privada	Ha	8	\$10,000.00	\$ 80,000.00
<b>8 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</b>					
8.1	Agua para control de polvo	m3	200	\$ 6.00	\$ 1,200.00
8.2	Contenedores de desechos sólidos no peligrosos	u	3	\$ 80.00	\$ 240.00
8.3	Batería sanitaria móvil	u	1	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
8.4	Contenedores para almacenamiento de grasas y aceites	u	2	\$ 1,440.00	\$ 2,880.00
8.5	Charlas de concientización	u	2	\$ 300.00	\$ 600.00
8.6	Volantes informativos	u	1 000	\$ 0.10	\$ 100.00
8.7	Botiquín de primeros auxilios	u	1	\$ 200.00	\$ 200.00
8.8	Extintores contra incendios (10 lb)	u	3	\$ 70.00	\$ 210.00

8.9	Monitoreo de ruido	u	2	\$ 310.00	\$ 620.00
8.10	Monitoreo de calidad del agua	u	2	\$ 300.00	\$ 600.00
8.11	Monitoreo de material particulado	u	2	\$ 400.00	\$ 800.00
8.12	Monitoreo de calidad del aire	u	2	\$ 360.00	\$ 720.00
8.13	Señalización de trabajos temporales en la vía	u	10	\$ 170.00	\$ 1,700.00
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 3,263,482.65</b>
				<b>12 % IVA</b>	\$ 391,617.92
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3,655,100.56</b>

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

**Tabla XCVI** Presupuesto puente.

<b>PRESUPUESTO PUENTE</b>					
<b>RUBRO</b>	<b>DETALLES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>9</b>	<b>PRELIMINARES</b>				<b>\$ 9,873.47</b>
9.1	Trazado y Replanteo	m2	1200	\$ 1.03	\$ 1,230.35

9.2	Estudio Geotécnico para Puentes	Gb	1	\$ 8,643.12	\$ 8,643.12
<b>10</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				<b>\$ 1,459.09</b>
10.1	Excavación sin clasificar (inc. Desalojo)	m3	150	\$ 5.65	\$ 847.84
10.2	Material de préstamo importado (inc. Transporte)	m3	50	\$ 12.23	\$ 611.25
<b>11</b>	<b>SUBESTRUCTURA</b>				<b>\$ 135,252.42</b>
11.1	Hormigón Armado ( fc'=320 kg/cm2 ,Premezclado y Bombeable) para Estribos	m3	86	\$ 530.00	\$ 45,580.00
11.2	Hormigón Armado ( fc'=320 kg/cm2 bombeable) para Muros de Contención	m3	22	\$ 480.00	\$ 10,560.00
11.3	Hormigón Armado (fc'=320 kg/cm2 bombeable) para Pilotes	m3	135.7	\$ 550.00	\$ 74,644.42
11.4	Replanteo Hormigón fc'=180 kg/cm2 (e=8cm)	m2	60	\$ 7.80	\$ 468.00
11.5	Placas Neopreno con dos placas de acero intercaladas 500x500x50 mm	u	16	\$ 250.00	\$ 4,000.00
<b>12</b>	<b>SUPERESTRUCTURA</b>				<b>\$ 467,708.48</b>

12.1	Vigas pretensadas prefabricadas (inc. Transporte y montaje)	u	8	\$51,750.00	\$ 414,000.00
12.2	Hormigón Premezclado Bombeable ( $f_c'=320$ kg/cm <sup>2</sup> ) para Tablero	m <sup>3</sup>	67	\$ 430.00	\$ 28,810.00
12.3	Carpeta Asfáltica (e= 5cm)	m <sup>2</sup>	372	\$ 11.34	\$ 4,218.48
12.4	Barreras de Hormigón New Jersey	ml	88	\$ 235.00	\$ 20,680.00
				<b>SUB TOTAL PUENTE</b>	<b>\$ 614,293.45</b>

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

# **CAPÍTULO 10**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

Se plantearon 3 secciones de pavimento para el nuevo carretero de acceso hacia Puerto Pesquero del Cantón Balao; en las cuales se evaluaron requerimientos técnicos, factores socioeconómicos, periodo de diseño, topografía del terreno y condiciones de drenaje que restringen el proyecto. Acatando las regulaciones y especificaciones de diseño que estipulan en el MTOP, la NEVI-2012 y la AASTHO, se optó por seleccionar la alternativa más viable que garantice la vida útil de la vía respecto las exigencias de ingeniería que manifiesta el medio.

Se estableció el desarrollo de un terraplén constituido de tierra armada, el cual actúa a modelo de dique ante las circunstancias de embalse de agua que implican las piscinas camaroneras y la hidrografía del sector. El carretero está proyectado a mantener sus operaciones de servicio ante condiciones saturadas de las capas del pavimento; así mismo implicará menores gestiones de mantenimiento debido a la rápida y eficiente evacuación de los flujos de agua.

De manera predominante el terreno natural del Cantón Balao es llano y constituido por pendientes menores al 5%; y del cual están integradas

aproximadamente 7330 Ha (18 % de la superficie cantonal) de camaroneras que convierten al sector en un área muy vulnerable respecto a las inundaciones.

Los estudios de suelos reflejan resultados de una estratigrafía uniforme conformada por capas de arcillas plásticas arenosas (CH-CL) de consistencia blanda. Todo proyecto de infraestructura de categorización especial o esencial deberá constar de su respectivo estudio de suelo y se proporcionará un mejoramiento de suelo y/o alcance de un estrato firme para garantizar el desempeño de la cimentación.

El aforo de tránsito realizado reflejó un TPDA de 520 veh/ día y su proyección a 20 años es de 2796 veh/ día. El TPDA considerado para el diseño de la vía involucra el volumen de tráfico existente en el actual acceso hacia el Puerto de Balao, los vehículos proyectados respecto a la tasa de crecimiento anual, el tránsito producido por la explotación de los linderos del proyecto y del inducido debido a las mejoras de las condiciones de transporte.

Partiendo del TPDA estimado de 2795 veh/día, la NEVI-2012 establece en base a la capacidad funcional de la vía que el carretero deberá corresponder a una sección geométrica de mediana capacidad de clase C1. Éste nuevo acceso hacia el Puerto Pesquero de Balao estará restringido por una velocidad

de diseño de 80 km/h debido a las limitaciones sociales, topográficas e hidrográficas del sector.

La sección típica la vía corresponde a un pavimento flexible, que consta de carpeta asfáltica, base y sub base granular. Ésta estructura se apoya sobre el terraplén constituido de material grava arenoso que permite la conformación del dique. Adicionalmente, el modelo propuesto desarrolla una sección de pavimento reforzada con geotextil mediante estratos confinados, con el fin de incrementar la capacidad portante de la vía, mejorar las condiciones de sub drenaje y garantizar la vida útil del proyecto.

La topografía del terreno fue propiamente obtenida mediante el empleo de Estación Total y GPS, cubriendo una franja topográfica de 20 m de ancho y 3656 m de longitud.

Una vez adquiridos los datos topográficos en formato digital (SRD), éstos fueron procesados a través de hojas cálculo e implementados en un modelado con el software CIVIL CAD, obteniéndose la superficie del terreno natural y del proyecto vial para la elaboración del diseño geométrico del carretero y de sus perfiles topográficos.

El drenaje de las zonas colindantes del carretero viene representado básicamente por alcantarillas de cabezal. Estas estructuras cumplen doble rol:

el primero consiste en conducir las aguas lluvias transversalmente a través del carretero; y el segundo radica en evacuar el agua embalsada de las camaroneras en forma controlada. Estos flujos son dirigidos hacia un canal que recorre paralelamente el trazado del proyecto y finalmente son descargadas en el río Balao.

Se elaboró el pre diseño de un puente para permitir el paso vehicular sobre 2 canales que atraviesan la vía; constituyéndose estructuralmente sobre apoyos simples de 2 tramos iguales de 20 m y alcanzado una longitud total de 40 m. La superestructura está comprendida por un tablero de hormigón armado de 18 cm de espesor, barreras tipo New Jersey de 80 cm de altura y 8 vigas presforzadas AASTHO tipo V. La subestructura está compuesta por 3 estribos, 1 central y 2 en los extremos; mismos que descansan sobre pilotes de 80 cm de diámetro y 15 m de longitud. El presupuesto del puente representa el 16 % (\$ 688 008) del costo del proyecto.

La implementación del nuevo carretero hacia el puerto de Balao alcanzaría el valor de \$ 4 370 929,47; siendo las actividades de movimiento de tierra, estructura de pavimento y tierra armada las acciones más representativas obteniéndose porcentajes del 21.2 %, 29.3 % y 37.6 % respectivamente, del monto total presupuestado del proyecto.

La construcción de la nueva vía busca el desarrollo del cantón con la mejora de la conexión vial local, y la generación de empleo temporal para los habitantes del lugar; pero su construcción también generará un impacto ambiental negativo que tiene afectación en la flora, fauna y a la población de la zona de influencia. La afectación de la población se produce con mayor impacto hacia los propietarios y arrendatarios de los predios donde se construirá la vía, debido a que el público en general tendría acceso a las cercanías de las piscinas y cosechas.

La ejecución del nuevo acceso hacia el puerto además de encadenarse a la Red Estatal a través de la vía San Carlos-Balao; permitirá mejorar la planificación urbana evitando que vehículos pesados atraviesen zonas escolares, sectores residenciales y el Centro de la Ciudad, ya que conformaría una Vía Perimetral en el territorio urbano.

Con los diseños planteados se logrará controlar el efecto del agua embalsada en las piscinas camaroneras y que rodea la vía.

Se logrará resolver los riesgos que genera el tráfico de Balao y que afectan a la población.

## RECOMENDACIONES

Es importante que se realicen otros proyectos de este tipo con la finalidad de difundir las nuevas soluciones geotécnicas que se proponen en los diseños viales, en especial cuando se construyen atravesando áreas de embalse con restricción de espacio disponible.

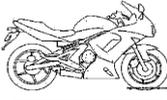
El diseño de la vía debe venir enlazado con la incorporación de nuevas instalaciones portuarias, cuya nueva reubicación es presentada en los planos.

Para que este Proyecto Multipropósito sea factible, es necesario el dragado el Río Balao para que las lanchas de hasta 10 m de eslora (1.5 m de calado requerido) puedan transitar en cualquier horario, y no necesariamente esperar en las horas de marea alta.

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### AFORO DE TRÁNSITO VEHICULAR

		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL</b> <b>Aforo de Transito Vehicular</b> <b>Acceso al puerto del cantón Balao</b>			
Fecha: <u>Martes 06, Jueves 08 y Viernes 09 de Junio, 2017</u> Estación de Aforo: <u>Inicio de la actual vía al puerto del cantón Balao</u>					
Condición Climática: <u>Soleado, Soleado, Soleado</u> Tramo: <u>Vía al puerto</u>					
Autor: <u>Arcentales C., Rivera J.</u> Hoja <u>1</u> de <u>3</u>					
Hora de Inicio: <u>06:00</u> Hora Final: <u>18:00</u>					
		Martes 06	Jueves 08	Viernes 09	
Horario		↑	↑	↑	
 <b>MOTOS</b>	06:00-07:00	54	68	64	
	07:00-08:00	40	28	40	
	08:00-09:00	33	57	39	
	09:00-10:00	69	35	43	
 <b>LIVIANOS</b>	06:00-07:00	10	5	15	
	07:00-08:00	24	30	33	
	08:00-09:00	34	26	18	
	09:00-10:00	23	12	34	
 <b>C2</b>	06:00-07:00	12	3	6	
	07:00-08:00	2	10	9	
	08:00-09:00	7	4	3	
	09:00-10:00	2	5	4	



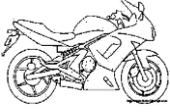
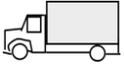
## ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

### Aforo de Transito Vehicular

#### Acceso al puerto del cantón Balao



Fecha: Martes 06, Jueves 08 y Viernes 09 de Junio, 2017 Estación de Aforo: Inicio de la actual vía al puerto del cantón Balao  
 Condición Climática: Soleado, Soleado, Soleado Tramo: Vía al puerto  
 Observador: Arcentales C., Rivera J. Hoja 2 de 3  
 Hora de Inicio: 06:00 Hora Final: 18:00

		Martes 06	Jueves 08	Viernes 09
	Horario	↑	↑	↑
 <b>MOTOS</b>	06:00-07:00	23	46	44
	07:00-08:00	49	40	24
	08:00-09:00	11	41	30
	09:00-10:00	48	65	60
 <b>LIVIANOS</b>	06:00-07:00	19	25	22
	07:00-08:00	15	9	18
	08:00-09:00	5	11	11
	09:00-10:00	4	6	8
 <b>C2</b>	06:00-07:00	9	5	3
	07:00-08:00	13	5	9
	08:00-09:00	5	2	7
	09:00-10:00	1	3	4



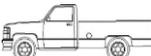
## ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

### Aforo de Transito Vehicular

#### Acceso al puerto del cantón Balao



Fecha: Martes 06, Jueves 08 y Viernes 09 de Junio, 2017 Estación de Aforo: Inicio de la actual vía al puerto del cantón Balao  
 Condición Climática: Soleado, Soleado, Soleado Tramo: Vía al puerto  
 Autor: Arcentales C., Rivera J. Hoja 3 de 3  
 Hora de Inicio: 06:00 Hora Final: 18:00

		Martes 06	Jueves 08	Viernes 09
	Horario	↑	↑	↑
 <b>MOTOS</b>	06:00-07:00	79	44	56
	07:00-08:00	35	18	29
	08:00-09:00	20	45	25
	09:00-10:00	14	5	11
 <b>LIVIANOS</b>	06:00-07:00	15	8	10
	07:00-08:00	12	14	10
	08:00-09:00	3	8	1
	09:00-10:00	9	5	1
 <b>C2</b>	06:00-07:00	7	5	10
	07:00-08:00	0	3	0
	08:00-09:00	0	0	0
	09:00-10:00	0	2	1

## ANEXO B

### DISEÑO DE TIERRA ARMADA

#### ➤ Información de las Propiedades de los Materiales

##### ▪ Datos Geométricos del Terraplén

Altura máxima	5.0 m
Longitud	3656 m
Pendiente Talud	0.25:1

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

##### ▪ Datos del material de préstamo

Tipo de Suelo	GP
C'	0
Ø	23.5 °
LL	NP
LP	NP
Pasa Tamiz N.200	2.1 %
ysm	2.098 T/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

##### ▪ Datos del material de sitio

Tipo de Suelo	CH
C'	6.3 T/m <sup>2</sup>
Ø	1.0 °
LL	28
LP	26
Pasa Tamiz N.200	65 %
Y	1.70 T/m <sup>3</sup>

Nc	5.7
----	-----

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

- **Datos de Estructura de Pavimento**

Capa	Espesor [cm]	Peso Volumétrico [T/m3]
Carpeta Asfáltica	10	2.20
Base Granular	15	2.17
Sub-base	15	2.09

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

- **Datos del Geotextil**

Tipo Geo Textil	T 2400
Método tira ancha	42 KN/m
Elongación	21 %
Resistencia a Tensión	1519 N
Sentido Transversal	43 KN/m
Res. Punzonamiento	680 N
Res. Trapezoidal	520 N
Permeabilidad	$5.3 \times 10^{-2}$ cm/s
Tasa de flujo	1506 L/min/m <sup>2</sup>

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

- **Evaluación de Cargas**

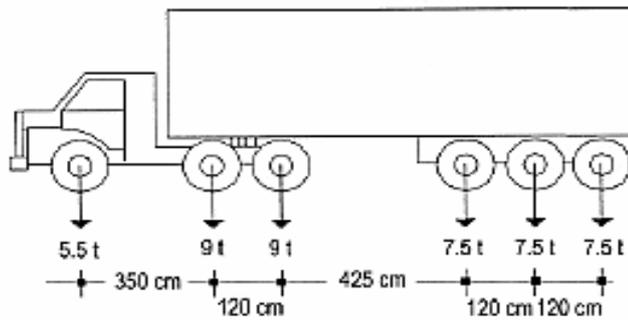
- **Sobre cargas Uniformes**

$$q = \sum Y_i * e$$

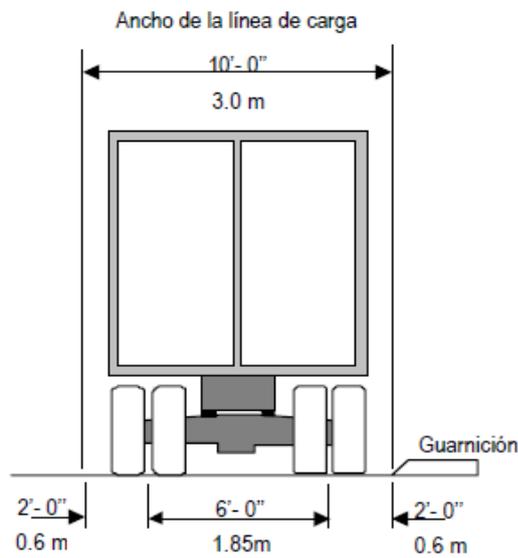
$$q = (2.2 * 0.1) + (2.17 * 0.15) + (2.09 * 0.15) = 0.86 \text{ T/m}^2$$

- **Cargas Vivas**

Vehículo Diseño T3 S3



**T3-S3**

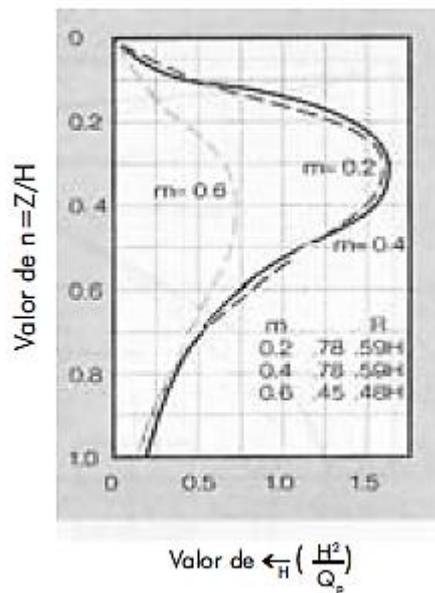


Fuente: Diseño para Puentes con Elementos prefabricados y presforzados

➤ **Distribución de Presiones Laterales**

Rueda	x [m]	$\Theta$
2	1.45	$47^{\circ}$
3	2.53	$19^{\circ}$
5	1.64	$50^{\circ}$
6	2.65	$25^{\circ}$
8	2.84	$65^{\circ}$
9	3.52	$47^{\circ}$
11	3.11	$67^{\circ}$
12	3.74	$50^{\circ}$

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.



Para  $m < 0.4$

$$\leftarrow_{H^*} \left( \frac{H^2}{Q_p} \right) = \frac{0.28 * n^2}{(0.16 + n^2)^3}$$

Para  $m > 0.4$

$$\leftarrow_{H^*} \left( \frac{H^2}{Q_p} \right) = \frac{1.77 * m^2 * n^2}{(m^2 + n^2)^3}$$

$$\leftarrow_{H'} = \leftarrow_{H^*} \cos^2(\Theta)$$

H	5	[m]
Qp	3.75	[ T/m2]
Θ	47	[° ]

z [m]	n=z/H	x [m]	m=x/H	$\leftarrow_{H^*}(H^2/Q_p)$	Rueda N. 1 $\leftarrow_H$	Rueda N. 2 $\leftarrow_{H'}$
0	0	1.45	0.29	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.1	1.45	0.29	0.5699	0.0855	0.0398
1	0.2	1.45	0.29	1.4000	0.2100	0.0977
1.5	0.3	1.45	0.29	1.6128	0.2419	0.1125
2	0.4	1.45	0.29	1.3672	0.2051	0.0954
2.5	0.5	1.45	0.29	1.0157	0.1523	0.0709
3	0.6	1.45	0.29	0.7169	0.1075	0.0500
3.5	0.7	1.45	0.29	0.4996	0.0749	0.0349
4	0.8	1.45	0.29	0.3500	0.0525	0.0244
4.5	0.9	1.45	0.29	0.2485	0.0373	0.0173
5	1	1.45	0.29	0.1794	0.0269	0.0125

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

H	5	[m]
Qp	3.75	[ T/m2]
θ	19	

					Rueda N. 1	Rueda N. 3
z [m]	n=z/H	x [m]	m=x/H	$\leftarrow H^*(H^2/Qp)$	$\leftarrow H$	$\leftarrow H'$
0	0	2.53	0.506	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.1	2.53	0.506	0.2407	0.0361	0.0323
1	0.2	2.53	0.506	0.6987	0.1048	0.0937
1.5	0.3	2.53	0.506	0.9844	0.1477	0.1320
2	0.4	2.53	0.506	1.0069	0.1510	0.1350
2.5	0.5	2.53	0.506	0.8743	0.1311	0.1172
3	0.6	2.53	0.506	0.6978	0.1047	0.0936
3.5	0.7	2.53	0.506	0.5348	0.0802	0.0717
4	0.8	2.53	0.506	0.4032	0.0605	0.0541
4.5	0.9	2.53	0.506	0.3030	0.0455	0.0406
5	1	2.53	0.506	0.2287	0.0343	0.0307

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

H	5	[m]
Qp	3.75	[ T/m2]
Θ	50	

z [m]	n=z/H	x [m]	m=x/H	$\leftarrow H^*(H^2/Qp)$	Rueda N. 4 $\leftarrow H$	Rueda N. 5 $\leftarrow H'$
0	0	1.64	0.328	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.1	1.64	0.328	0.5699	0.0855	0.0353
1	0.2	1.64	0.328	1.4000	0.2100	0.0868
1.5	0.3	1.64	0.328	1.6128	0.2419	0.1000
2	0.4	1.64	0.328	1.3672	0.2051	0.0847
2.5	0.5	1.64	0.328	1.0157	0.1523	0.0629
3	0.6	1.64	0.328	0.7169	0.1075	0.0444
3.5	0.7	1.64	0.328	0.4996	0.0749	0.0310
4	0.8	1.64	0.328	0.3500	0.0525	0.0217
4.5	0.9	1.64	0.328	0.2485	0.0373	0.0154
5	1	1.64	0.328	0.1794	0.0269	0.0111

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

H	5	[m]
Qp	3.75	[ T/m2]
Θ	25	

z [m]	n=z/H	x [m]	m=x/H	$\leftarrow H^*(H^2/Qp)$	Rueda N. 4 $\leftarrow H$	Rueda N. 6 $\leftarrow H'$
0	0	2.65	0.53	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.1	2.65	0.53	0.2020	0.0303	0.0249
1	0.2	2.65	0.53	0.6018	0.0903	0.0742
1.5	0.3	2.65	0.53	0.8770	0.1315	0.1081
2	0.4	2.65	0.53	0.9282	0.1392	0.1144
2.5	0.5	2.65	0.53	0.8307	0.1246	0.1023
3	0.6	2.65	0.53	0.6799	0.1020	0.0838
3.5	0.7	2.65	0.53	0.5318	0.0798	0.0655
4	0.8	2.65	0.53	0.4074	0.0611	0.0502
4.5	0.9	2.65	0.53	0.3102	0.0465	0.0382
5	1	2.65	0.53	0.2366	0.0355	0.0291

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

H	5	[m]
Qp	3.75	[ T/m2]
Θ	65	

z [m]	n=z/H	x [m]	m=x/H	$\leftarrow H \cdot (H^2 / Q_p)$	Rueda N. 7 $\leftarrow H$	Rueda N. 8 $\leftarrow H'$
0	0	2.84	0.568	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.1	2.84	0.568	0.1552	0.0233	0.0042
1	0.2	2.84	0.568	0.4790	0.0719	0.0128
1.5	0.3	2.84	0.568	0.7316	0.1097	0.0196
2	0.4	2.84	0.568	0.8128	0.1219	0.0218
2.5	0.5	2.84	0.568	0.7603	0.1140	0.0204
3	0.6	2.84	0.568	0.6463	0.0969	0.0173
3.5	0.7	2.84	0.568	0.5214	0.0782	0.0140
4	0.8	2.84	0.568	0.4097	0.0615	0.0110
4.5	0.9	2.84	0.568	0.3183	0.0478	0.0085
5	1	2.84	0.568	0.2468	0.0370	0.0066

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

H	5	[m]
Qp	3.75	[ T/m2]
Θ	47	

z [m]	n=z/H	x [m]	m=x/H	$\leftarrow H^*(H^2/Qp)$	Rueda N. 7 $\leftarrow H$	Rueda N. 9 $\leftarrow H'$
0	0	3.52	0.704	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.1	3.52	0.704	0.0679	0.0102	0.0047
1	0.2	3.52	0.704	0.2284	0.0343	0.0159
1.5	0.3	3.52	0.704	0.3931	0.0590	0.0274
2	0.4	3.52	0.704	0.4981	0.0747	0.0347
2.5	0.5	3.52	0.704	0.5291	0.0794	0.0369
3	0.6	3.52	0.704	0.5042	0.0756	0.0352
3.5	0.7	3.52	0.704	0.4489	0.0673	0.0313
4	0.8	3.52	0.704	0.3834	0.0575	0.0267
4.5	0.9	3.52	0.704	0.3193	0.0479	0.0223
5	1	3.52	0.704	0.2622	0.0393	0.0183

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

H	5	[m]
Qp	3.75	[ T/m2]
Θ	67	

					Rueda N. 10	Rueda N. 11
z [m]	n=z/H	x [m]	m=x/H	$\leftarrow H^*(H^2/Qp)$	$\leftarrow H$	$\leftarrow H'$
0	0	3.11	0.622	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.1	3.11	0.622	0.1095	0.0164	0.0025
1	0.2	3.11	0.622	0.3521	0.0528	0.0081
1.5	0.3	3.11	0.622	0.5683	0.0852	0.0130
2	0.4	3.11	0.622	0.6699	0.1005	0.0153
2.5	0.5	3.11	0.622	0.6627	0.0994	0.0152
3	0.6	3.11	0.622	0.5917	0.0888	0.0135
3.5	0.7	3.11	0.622	0.4976	0.0746	0.0114
4	0.8	3.11	0.622	0.4047	0.0607	0.0093
4.5	0.9	3.11	0.622	0.3235	0.0485	0.0074
5	1	3.11	0.622	0.2567	0.0385	0.0059

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

H	5	[m]
Qp	3.75	[ T/m2]
Θ	67	

					Rueda N. 10	Rueda N. 12
z [m]	n=z/H	x [m]	m=x/H	$\leftarrow H^*(H^2/Qp)$	$\leftarrow H$	$\leftarrow H'$
0	0	3.74	0.748	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.1	3.74	0.748	0.0536	0.0080	0.0012
1	0.2	3.74	0.748	0.1838	0.0276	0.0042
1.5	0.3	3.74	0.748	0.3253	0.0488	0.0074
2	0.4	3.74	0.748	0.4254	0.0638	0.0097
2.5	0.5	3.74	0.748	0.4667	0.0700	0.0107
3	0.6	3.74	0.748	0.4586	0.0688	0.0105
3.5	0.7	3.74	0.748	0.4198	0.0630	0.0096
4	0.8	3.74	0.748	0.3672	0.0551	0.0084
4.5	0.9	3.74	0.748	0.3123	0.0468	0.0072
5	1	3.74	0.748	0.2611	0.0392	0.0060

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

➤ **Factores de Reducción totales**

$FR_{DI}$  = Factor de reducción por daños durante instalación = 1.2

$FR_{FL}$  = Factor de reducción por carga continua sobre el geo textil = 2.2

$FR_{DQ}$  = Factor de reducción por degradación química = 1.0

$FR_{DB}$  = Factor de reducción por degradación biológica = 10.

$$FR_t = FR_{DI} * FR_{FL} * FR_{DQ} * FR_{DB} = 2.64$$

➤ **Esfuerzo admisible en el Geo textil Tadm**

$$T_{adm} = \frac{T_{ult}}{FR_t}$$

$$T_{adm} = \frac{42 \text{ KN/m}}{2.64} = 15.9 \frac{\text{Kn}}{\text{m}} = 1.78 \frac{\text{T}}{\text{m}}$$

➤ **Esfuerzos actuantes**

▪ **Presión del Suelo**

$$Ka = \tan\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)^2$$

$$Ka = \tan\left(45^\circ - \frac{23.5}{2}\right)^2 = 0.429$$

$$\leftarrow pt = Ka * \gamma_{95} * z$$

$$\leftarrow pt = 0.429 * 1.99 * z$$

z [m]	←pt [t/m <sup>2</sup> ]
0.0	0.0000
0.5	0.4269
1.0	0.8537
1.5	1.2806
2.0	1.7074
2.5	2.1343
3.0	2.5611
3.5	2.9880
4.0	3.4148
4.5	3.8417
5.0	4.2686

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

- **Presión de las Sobrecargas**

$$\leftarrow sc = Ka * q$$

$$\leftarrow sc = 0.429 * 0.86 = 0.368 \text{ T/m}^2$$

- **Presión de Cargas Vivas**

$$\leftarrow cv = \leftarrow H + \leftarrow H'$$

z [m]	$\Sigma \leftarrow H$	$\Sigma \leftarrow H'$	$\leftarrow cv$ [T/m <sup>2</sup> ]
0.0	0.0000	0.0000	0.0000
0.5	0.21068	0.1449	0.3556
1.0	0.5447	0.3933	0.9380
1.5	0.6788	0.5200	1.1988
2.0	0.6326	0.5111	1.1437
2.5	0.5182	0.4365	0.9547
3.0	0.4008	0.3483	0.7491
3.5	0.3128	0.2694	0.5822
4.0	0.2438	0.2058	0.4495
4.5	0.1867	0.1570	0.3437
5.0	0.1483	0.1202	0.2685

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

- **Presión Dinámica**

$$\leftarrow fd = (2 * \alpha * \leftarrow cvi) / H$$

z [m]	$\leftarrow fd [T/m^2]$
0.0	0.0000
0.5	0.0178
1.0	0.0469
1.5	0.0599
2.0	0.0572
2.5	0.0477
3.0	0.0375
3.5	0.0291
4.0	0.0225
4.5	0.0172
5.0	0.0134

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

- **Presiones en Dirección Horizontal**

$$\leftarrow H_{total} = \leftarrow pt + \leftarrow sc + \leftarrow cv + \leftarrow fd$$

z [m]	$\leftarrow H_{total} [T/m^2]$
0.0	0.0000
0.5	1.1682
1.0	2.2066
1.5	2.9073
2.0	3.2763
2.5	3.5047
3.0	3.7157
3.5	3.9673
4.0	4.2549
4.5	4.5706
5.0	4.9185

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

- **Separación vertical entre capas de refuerzo Sv**

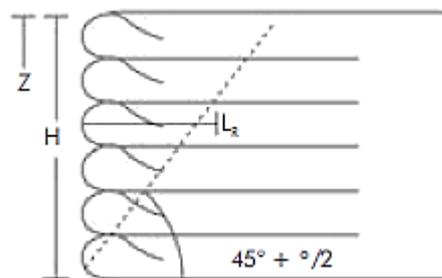
No. Capa	z [m]	Sv [cm] calculado	Sv [cm] usado
17	0.50	117	50
16	1.00	62	50
15	1.50	47	50
14	1.75	-	25
13	2.00	42	25
12	2.25	-	25
11	2.50	39	25
10	2.75	-	25
9	3.00	37	25
8	3.25	-	25
7	3.50	35	25
6	3.75	-	25
5	4.00	32	25
4	4.25	-	25
3	4.50	30	25
2	4.75	-	25
1	5.00	28	25

Fuente: Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

➤ **Longitudes de Desarrollo del Geotextil**

- **Longitud Geométrica hasta la zona de falla**

$$L_R = (H - z) * \left( \tan 45^\circ - \frac{\theta}{2} \right)$$

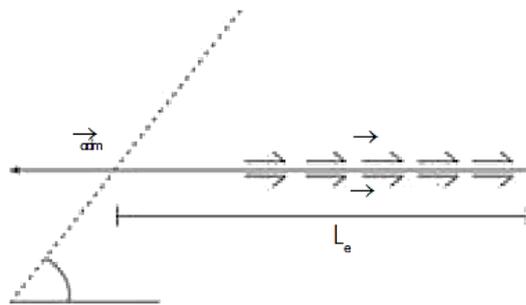


Fuente: Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

- **Longitud de Empotramiento**

$$L_e = \frac{\leftarrow H_{total} * S_v}{2 * (C + \leftarrow * \tan(\beta))}$$

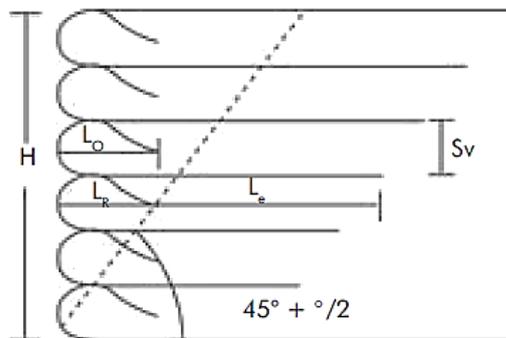
$$0.7 * \Theta < \beta < 0.85 * \Theta$$



**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

- **Longitud de Doble**

$$L_o = \text{mínimo } 1.0 \text{ m}$$



**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

Por lo tanto, la longitud de desarrollo del Geo textil será:

$$L_T = L_R + L_e + L_o + Sv$$

No. Capa	z [m]	Sv [cm] usado	LR [m]	Le req [m]	Le min [m]	Lo [m]	Lt req [m]	Lt sug [m]
17	0.50	0.50	1.77	0.43	0.90	1.00	4.17	5.00
16	1.00	0.50	1.58	0.81	0.90	1.00	3.98	4.00
15	1.50	0.50	1.38	1.07	0.90	1.00	3.78	4.00
14	1.75	0.25	1.28	0.60	0.90	1.00	3.43	4.00
13	2.00	0.25	1.18	0.65	0.90	1.00	3.33	4.00
12	2.25	0.25	1.08	0.69	0.90	1.00	3.23	4.00
11	2.50	0.25	0.98	0.73	0.90	1.00	3.13	4.00
10	2.75	0.25	0.89	0.79	0.90	1.00	3.04	4.00
9	3.00	0.25	0.79	0.84	0.90	1.00	2.94	3.00
8	3.25	0.25	0.69	0.91	0.90	1.00	2.84	3.00
7	3.50	0.25	0.59	0.00	0.90	1.00	2.74	3.00
6	3.75	0.25	0.49	0.00	0.90	1.00	2.64	3.00
5	4.00	0.25	0.39	0.00	0.90	1.00	2.54	3.00
4	4.25	0.25	0.30	0.00	0.90	1.00	2.45	3.00
3	4.50	0.25	0.20	0.00	0.90	1.00	2.35	3.00
2	4.75	0.25	0.10	0.00	0.90	1.00	2.25	3.00
1	5.00	0.25	0.00	0.00	0.90	1.00	2.15	3.00

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

Donde  $L_t \text{ req}$  es la longitud de desarrollo requerida para el aporte estructural del Geotextil y,  $L_t \text{ sug}$  es la longitud condicionada por el proceso constructivo. Finalmente prevalecerá la longitud que se necesite para confinar geoméricamente las capas del pavimento ( $L_t \text{ geo}$ ), la misma que variará acorde a las secciones de corte del Corredor Vial pero no deberá ser menor a la  $L_t \text{ sug}$ .

➤ **Análisis de Estabilidad Externa**

▪ **Estabilidad de Deslizamiento**

- Resistencia al Corte:

$$\leftarrow V = q + H * \gamma$$

$$\leftarrow V = 0.86 + (5 * 1.99) = 10.81 \text{ T/m}^2$$

$$\rightarrow X = C + \leftarrow V * \tan(\beta)$$

$$\rightarrow X = 0 + 10.81 * \tan(18.8^\circ) = 3.68 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Fuerza Cortante} = \rightarrow X * L_{geo.critico}$$

$$\text{Fuerza Cortante} = 3.68 * 6 = 22.04 \text{ T/m}$$

- Fuerzas Desestabilizantes:

$$FS_D = \frac{\text{Fuerzas Horizontales Resistentes}}{\text{Fuerzas Horizontales Desestabilizantes}}$$

-Relleno de Confinamiento:

$$P_a = \frac{\gamma * H^2 * K_a}{2}$$

$$P_a = \frac{1.99 * 5^2 * 0.429}{2} = 10.67 \text{ T/m}$$

-Sobrecarga:

$$P_{sc} = q * H * K_a$$

$$P_{sc} = 0.86 * 5 * 0.429 = 1.84 \text{ T/m}$$

-Cargas Vivas:

$$P_{CV} * \frac{H}{Q_p} = 0.75$$

$$P_{CV} = \frac{0.75 * 3.75}{5} = 0.56 \text{ T/m}$$

$$FS_D = \frac{22.04}{13.16} = 1.66 > 1.50 \text{ OK}$$

- **Estabilidad por Volcamiento**

$$FS_V = \frac{\text{Momentos Resistentes}}{\text{Momentos Desestabilizantes}}$$

- Determinación de Momentos Resistentes

-Momento generado por la Sobrecarga

$$M_{sc} = \frac{q * L^2}{2}$$

$$M_{sc} = \frac{0.86 * 6^2}{2} = 15.48 \text{ T * m}$$

-Momento generado por el peso propio del Muro

$$M_{PM} = \frac{H * \gamma * L^2}{2}$$

$$M_{PM} = \frac{5 * 1.99 * 6^2}{2} = 179.1 T * m$$

- Determinación de Momentos Desestabilizantes

-Momento generado por la presión de tierras

$$M_{pt} = \frac{H * P_a}{3}$$

$$M_{pt} = \frac{5 * 10.67}{3} = 17.78 T * m$$

-Momento generado por la sobrecarga

$$M_{sc} = \frac{H * P_{sc}}{2}$$

$$M_{sc} = \frac{5 * 1.84}{2} = 4.6 T * m$$

-Momento generado por cargas vivas

$$M_{cv} = 0.55 * H * P_{cv}$$

$$M_{cv} = 0.55 * 5 * 0.56 = 1.54 T * m$$

$$FS_V = \frac{194.58}{23.92} = 8.13 > 3 \text{ OK}$$

➤ **Capacidad Portante del Terreno**

$$FS_{cp} = \frac{\text{Fuerzas Resistentes de Fundación}}{\text{Fuerzas Desestabilizantes}}$$

$$\leftarrow \text{ult} = C' * N_c$$

$$\leftarrow \text{ult} = 6.3 * 5.7 = 35.91 T/m^2$$

$$\leftarrow V = 10.81 T/m^2$$

$$FS_{cp} = \frac{35.91}{10.81} = 3.32 > 3 \text{ OK}$$

## ANEXO C

### DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PUENTE

➤ **Norma de Diseño**

AASHTO LRFD 2012

➤ **Descripción del Puente**

No.	2	Tramos iguales simplemente apoyados
No.	4	Número de vigas por tramo
S	2.74 m	Separación entre ejes de vigas
I	20 m	Longitud de tramo
L	40 m	Longitud del Puente
A	9.3 m	Ancho del Puente

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

➤ **Pre Dimensionamiento**

Vigas

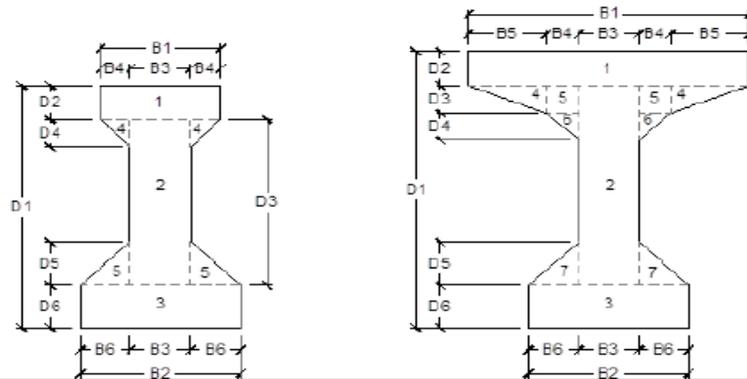
$$h_{min} \frac{h}{25} + 10cm = \frac{2000}{25} + 10cm = 90 \text{ cm}$$

Propiedades Geométricas de vigas I para Puentes, tipo AASTHO

Tipo	AREA cm <sup>2</sup>	h cm	Y <sub>1</sub> cm	Y <sub>2</sub> cm	INERCIA cm <sup>4</sup>	S <sub>1</sub> cm <sup>3</sup>	S <sub>2</sub> cm <sup>3</sup>	PESO kg/m	MAXIMA LUZ m
I	1,743.8	71	39.02	31.98	926,272.8	23,738.3	28,964.3	418.50	15
II	2,325.0	91.00	50.93	40.07	2,056,660.1	40,384.6	51,322.7	558.00	21
III	3,643.0	115.00	63.33	51.67	5,298,647.8	83,661.3	102,556.8	874.32	30
IV	5,041.5	137.00	74.26	62.74	10,780,379.5	145,171.5	171,825.2	1209.96	36
V	6,516.5	160.00	78.21	81.79	21,743,986.6	278,028.4	265,844.2	1563.96	44
VI	6,976.5	183.00	89.82	93.18	30,639,536.4	341,108.3	328,833.2	1674.36	50

Fuente: Ing. Luis Villavicencio Cavero

Propiedades Geométricas de vigas I para Puentes, tipo AASTHO



DIMENSIONES (CENTIMETROS)												
Tipo	D1	D2	D3	D4	D5	D6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
I	71	10	0	8	12.5	12.5	30	40	15	7.5	0	12.5
II	91	15	0	8	15	15	30	45	15	7.5	0	15
III	115	18	0	12	19	18	40	56	18	11	0	19
IV	137	20	0	15	23	20	51	66	20	15.5	0	23
V	160	13	8	10	25	20	107	71	20	10	33.5	25.5
VI	183	13	8	10	25	20	107	71	20	10	33.5	25.5

Fuente: Ing. Luis Villavicencio Cavero

Se selecciona la viga I tipo V.

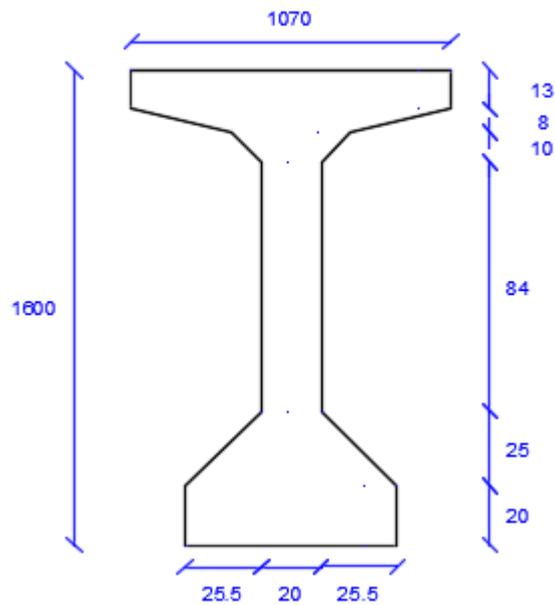
Una vez establecida la sección, se evalúa la eficiencia a flexión de la viga:

$$E = \frac{I}{Y_1 * Y_2 * A}$$

$$E = \frac{21743986.6}{78.21 * 81.79 * 6516.5} = 0.52$$

$0.45 < E < 0.55 \rightarrow \mathbf{OK}$

Sección de Viga I tipo V



**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

## Losa

$$t \geq 0.10 + \frac{St}{30}$$

$$st = d + \frac{b}{2}$$

$$d = S - b$$

Donde:

t: Espesor de Losa

St: Luz de cálculo del tablero

S: Separación entre ejes de vigas

b: Ancho del patín de la viga

d: Distancia libre del tablero

$$d = 2.74 - 1.07 = 1.67 \text{ m}$$

$$st = 1.67 + \frac{1.07}{2} = 2.205 \text{ m}$$

$$t \geq 0.10 + \frac{2.205}{30} = 0.173$$

Por lo tanto, el espesor del tablero es de  $t = 18 \text{ cm}$

➤ **Cargas Aplicadas**

DC: Carga permanente de componentes estructurales

DW: Carga permanente de superficie de rodamiento

IM: Carga Dinámica

LL: Carga viva vehicular

▪ **Cargas Muertas**

Carpeta Asfáltica

$e=5 \text{ cm}$

$\gamma_{\text{asf}}= 2.2 \text{ T/m}^3$

$W_{\text{asf}}= 0.05 \cdot 2.2= 0.11 \text{ T/m}^2$

$Q_{\text{asf}}= 0.301 \text{ T/m}$

Losa de Tablero

$e= 18 \text{ cm}$

$\gamma_{\text{hor}}= 2.4 \text{ T/m}^3$

$W_{\text{hor}}= 0.18 \cdot 2.4= 0.432 \text{ T/m}^2$

$Q_{hor} = 1.18 \text{ T/m}$

Viga

$W_{viga} = 0.57 \text{ T/m}^2$

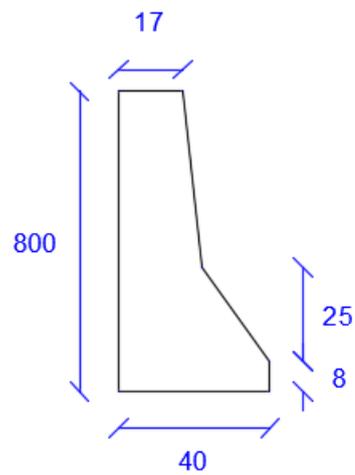
$Q_{viga} = 1.563 \text{ T/m}$

Barrera New Jersey

$W_{NJ} = 0.195 \text{ T/m}^2$

$Q_{NJ} = 0.403 \text{ T/m}$

Sección de Barrera New Jersey



**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

Por lo tanto,

$$DW = Q_{asf} = 0.301 \text{ T/m}$$

$$DC = Q_{hor} + Q_{viga} + Q_{NJ} = 1.18 + 1.563 + 0.403 = 3.14 \text{ T/m}$$

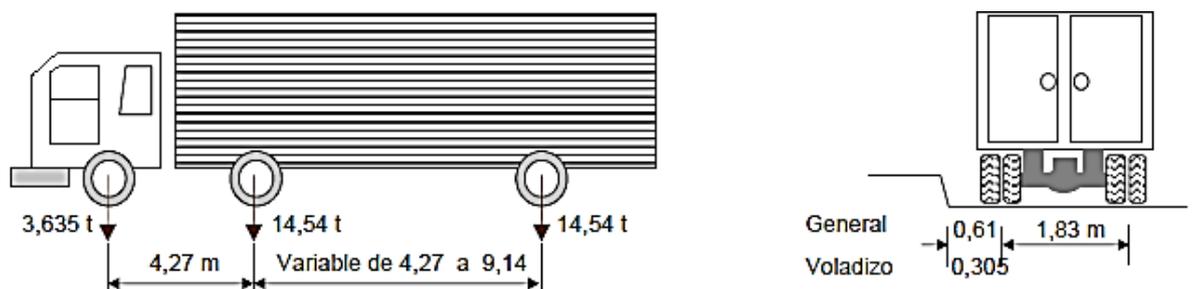
- Cargas Viva

Según la LRFD 2012, la sobrecarga vehicular sobre las calzadas de puentes es designada como HL-93 y consiste en la siguiente combinación:

- 1) Carga de vehículo Camión de diseño + Carga de carril de diseño
- 2) Carga de Tandem de diseño + Carga de carril de diseño

### Carga de Camión de Diseño

Camión de Diseño HL-93, geometría y carga de ejes



**Fuente:** Ing. Juan Manuel Vinueza Moreno

## Carga de Tandem de Diseño

### Tandem de Diseño, geometría y carga de ejes



**Fuente:** Ing. Juan Manuel Vinueza Moreno

## Carga Dinámica

### Impacto

Estado Límite	Efecto Dinámico IM
Fatiga y Fractura	15%
Otros estados	33%

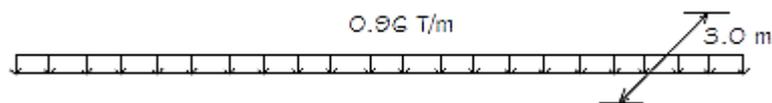
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

Nota: La carga dinámica admisible no se aplica sobre la carga peatonal ni sobre la carga de carril.

### Carga de Carril

Consiste en una carga de 0.952 [T/m] distribuida uniformemente en el sentido longitudinal. Transversalmente se considera que actúa en un ancho de 3.0m. Las cargas de carril no estarán sujetas a incremento de carga dinámica.

Distribución de Carga de Faja



**Fuente:** AASTHO LRFD

#### ➤ Factores de Distribución de Carga Viva en Viga

Altura de la viga h	160 [cm]
Centro de gravedad de viga	81.2 [cm]
Área de viga	6516.5 [cm <sup>2</sup> ]
Inercia de viga	21743986.6 [cm <sup>4</sup> ]
Espesor de Tablero	18.0 [cm]
Resistencia a la Comp. Losa	F'c= 280 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia Inicial a la Comp. De viga	F'ci= 350 kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### Rigidez Longitudinal

eg: Distancia entre los centros de gravedad de la viga y la losa

$$e_g = h - y_c + \frac{t}{2}$$

$$e_g = 160 - 81.2 + \frac{18.0}{2} = 87.8 \text{ cm}$$

n: Relación entre módulos de elasticidad viga-losa

$$n = \frac{15100\sqrt{350}}{15100\sqrt{280}} = 1.12$$

I: Momento de Inercia de la viga [mm<sup>4</sup>]

A: Área de la viga [mm<sup>2</sup>]

Kg: Parámetro de rigidez longitudinal [mm<sup>4</sup>]

$$K_g = n * (I + A * e_g^2)$$

$$K_g = 1.12 * (21743986.6 + 6516.5 * 87.8^2) = 8.06 E^{11} \text{ cm}^4$$

Cdmi: Coeficiente de Distribución de Momento para viga interior:

$$Cdmi = 0.075 + \left(\frac{S}{2900}\right)^{0.6} * \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} * \left(\frac{Kg}{L * t_s^3}\right)^{0.1}$$

$$Cdmi = 0.075 + \left(\frac{2740}{2900}\right)^{0.6} * \left(\frac{2740}{20000}\right)^{0.2} * \left(\frac{8.06E^{11}}{20000 * 180^3}\right)^{0.1} = 0.86$$

➤ **Solicitaciones Máximas y Momento de Cargas**

Momento de Carga Muerta

$$DW = 0.301 \text{ T/m}$$

$$DC = 3.14 \text{ T/m}$$

$$M_{DW} = \frac{DW * L^2}{8}$$

$$M_{DW} = \frac{0.301 * 20^2}{8} = 15.05 \text{ T * m}$$

$$M_{DC} = \frac{DW * L^2}{8}$$

$$M_{DC} = \frac{3.14 * 20^2}{8} = 157 \text{ T * m}$$

Momento de Carga Viva y Efecto de Carga Dinámica

Del Apéndice II-B, para un vehículo HL-93 y con la consideración de carga dinámica en estado límite de resistencia, se obtiene:

Momento y Reacción por carga HL-93 con IM=0.33

MOMENTO (Tn-m)					REACCIÓN (Tn)				
LUZ (m)	X (m) PLANTILLA FROM MAX	CARRÓN Ø (1)=TANDEM	S/C EQUIV	WLL+IM	LUZ (m)	CARRÓN	TANDEM	S/C EQUIV	WLL+IM
1	0.50	3.70	0.12	5.04	1	14.80	11.20	0.48	20.16
2	1.00	7.40	0.48	10.32	2	14.80	15.68	0.96	21.81
3	1.50	11.10	1.08	15.84	3	14.80	17.92	1.44	25.27
4	1.70	16.18 <sup>(1)</sup>	1.98	23.40	4	14.80	19.04	1.92	27.24
5	2.20	21.68 <sup>(1)</sup>	2.96	31.80	5	16.87	19.71	2.40	28.62
6	2.70	27.22 <sup>(1)</sup>	4.28	40.47	6	18.99	20.16	2.88	29.69
7	3.20	32.77 <sup>(1)</sup>	5.84	49.42	7	20.51	20.48	3.36	30.64
8	3.70	38.33 <sup>(1)</sup>	7.64	58.62	8	21.65	20.72	3.84	32.63
9	4.20	43.90 <sup>(1)</sup>	9.68	68.07	9	22.69	20.91	4.32	34.50
10	4.70	49.48 <sup>(1)</sup>	11.96	77.77	10	23.74	21.06	4.80	36.37
11	5.20	55.06 <sup>(1)</sup>	14.48	87.71	11	24.60	21.18	5.28	38.00
12	5.28	61.50	17.03	98.83	12	25.32	21.28	5.76	39.43
13	5.78	69.69	20.03	112.72	13	25.92	21.37	6.24	40.72
14	6.28	77.90	23.27	126.87	14	26.44	21.44	6.72	41.89
15	6.78	86.11	26.75	141.28	15	26.89	21.50	7.20	42.97
16	7.28	94.34	30.47	155.94	16	27.29	21.56	7.68	43.97
17	7.78	102.58	34.43	170.85	17	27.64	21.61	8.16	44.91
18	8.28	110.82	38.63	186.02	18	27.94	21.65	8.64	45.81
19	8.78	119.07	43.07	201.43	19	28.22	21.69	9.12	46.65
20	9.28	127.32	47.75	217.09	20	28.47	21.73	9.60	47.47
21	9.78	135.58	52.67	232.99	21	28.70	21.76	10.08	48.24
22	10.28	143.84	57.83	249.14	22	28.90	21.79	10.56	49.00
23	10.78	152.11	63.23	265.53	23	29.09	21.82	11.04	49.73
24	11.28	160.38	68.87	282.17	24	29.26	21.84	11.52	50.43
25	11.78	168.65	74.75	299.05	25	29.42	21.86	12.00	51.12
26	12.28	176.92	80.87	316.17	26	29.56	21.88	12.48	51.80
27	12.78	185.20	87.23	333.54	27	29.70	21.90	12.96	52.46
28	13.28	193.47	93.83	351.15	28	29.82	21.92	13.44	53.10
29	13.78	201.75	100.67	369.00	29	29.94	21.94	13.92	53.74
30	14.28	210.03	107.75	387.09	30	30.05	21.95	14.40	54.36
31	14.78	218.31	115.07	405.42	31	30.15	21.97	14.88	54.98
32	15.28	226.60	122.63	424.00	32	30.24	21.98	15.36	55.58
33	15.78	234.88	130.43	442.82	33	30.33	21.99	15.84	56.18
34	16.28	243.16	138.47	461.87	34	30.42	22.00	16.32	56.78
35	16.78	251.45	146.75	481.17	35	30.50	22.02	16.80	57.38
36	17.28	259.73	155.27	500.71	36	30.57	22.03	17.28	57.94
37	17.78	268.02	164.03	520.50	37	30.64	22.04	17.76	58.52
38	18.28	276.31	173.03	540.52	38	30.71	22.05	18.24	59.09
39	18.78	284.60	182.27	560.78	39	30.77	22.06	18.72	59.65
40	19.28	292.89	191.75	581.29	40	30.84	22.06	19.20	60.21
41	19.78	301.18	201.47	602.03	41	30.89	22.07	19.68	60.77
42	20.28	309.47	211.43	623.02	42	30.95	22.08	20.16	61.32
43	20.78	317.76	221.63	644.24	43	31.00	22.09	20.64	61.87
44	21.28	326.05	232.07	665.71	44	31.05	22.09	21.12	62.42
45	21.78	334.34	242.75	687.42	45	31.10	22.10	21.60	62.96
46	22.28	342.63	253.67	709.36	46	31.14	22.11	22.08	63.50
47	22.78	350.92	264.83	731.55	47	31.19	22.11	22.56	64.04
48	23.28	359.21	276.23	753.98	48	31.23	22.12	23.04	64.57
49	23.78	367.51	287.87	776.65	49	31.27	22.13	23.52	65.11
50	24.28	375.80	299.75	799.56	50	31.31	22.13	24.00	65.64

Fuente: Apéndice II-B, Puentes, MC Ing. Arturo Rodríguez Serquén

Por lo tanto:

$$M_{LL+IM} = 217.09 T * m$$

➤ **Momento de Carga Viva por Viga**

$$M_{LL+IM} * C_{dmi} = 217.09 * 0.86 = 186.69 \text{ T*m}$$

➤ **Combinaciones de Cargas**

En base a la tabla 3.4.1-1 de la AASTHO LRFD 2012, estipula que la combinación de carga más crítica de los diferentes estados límites es:

Estado Límite de Resistencia I

$$M_u = 1.25 * M_{DC} + 1.50 * M_{DW} + 1.75 * (M_{LL+IM})$$

$$M_u = (1.25 * 157) + (1.50 * 15.05) + (1.75 * 186.69) = 545.53 \text{ T*m}$$

➤ **Diseño de Viga**

Acero de Cable de Presfuerzo	Grado 270
fpu	26070 kg
fp1	22150 kg
Ae	1.4 cm <sup>2</sup>
fc' Hormigón Presforzado	350 kg/cm <sup>2</sup>
fci'	280 kg/cm <sup>2</sup>
R	82 %
fci	-210 kg/cm <sup>2</sup>
fti	14.96 kg/cm <sup>2</sup>
fcs	-210 kg/cm <sup>2</sup>
fts	37.41 kg/cm <sup>2</sup>
S1	278028.4 cm <sup>3</sup>
Pi	-400 T
Mo	78.15 T*m
i <sup>2</sup>	3336 cm <sup>2</sup>

**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05 * (f c' - 280)}{70}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05 * (350 - 280)}{70} = 0.8$$

$$f_{py} = \frac{f_{p1}}{A_e}$$

$$f_{py} = \frac{22150}{1.4} = 15821 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{py}}{f_{pi}}$$

$$\frac{f_{py}}{f_{pu}} = \frac{15821}{26070} = 0.6$$

$$\gamma_p = 0.55$$

$$f_{cci} = f_{ti} - \left(\frac{y_1}{h}\right) * (f_{ti} - f_{ci})$$

$$f_{cci} = 14.96 - \left(\frac{78.21}{160}\right) * (14.96 - (-210)) = -95 \text{ kg/cm}^2$$

$$e_o = (f_{ti} - f_{cci}) * \frac{S_1}{P_i} - \frac{M_o}{P_i}$$

$$e_o = (14.96 - (-95)) * \left(\frac{-278028.4}{-400000}\right) - \left(\frac{7815000}{400000}\right) = 56.9 \text{ cm}$$

$$d_p = e_o + y_1$$

$$d_p = 56.9 + 78.21 = 135.11 \text{ cm}$$

$$f_{pi} = 0.7 * f_{pu}$$

$$f_{pi} = 0.7 * 26070 = 18249 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_p = \frac{P_i}{f_{pi}}$$

$$A_p = \frac{400000}{18249} = 21.92 \text{ cm}^2$$

$$\rho_p = \frac{A_p}{b * d_p}$$

$$\rho_p = \frac{21.92}{107 * 135.11} = 0.00151 = 0.151 \%$$

$$a) f_{ps'} = f_{pu} * \left[ \left( 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} * (\rho_p * \frac{f_{pu}}{f_{c'}}) \right) \right]$$

$$f_{ps'} = 26070 * \left[ 1 - \left( \frac{0.55}{0.8} * \left( 0.00151 * \frac{26070}{350} \right) \right) \right] = 24054 \text{ kg/cm}^2$$

$$b) f_{pe} = \frac{Te}{Ap}$$

$$f_{pe} = \frac{400000}{21.92} = 18248 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ps} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{ps'} \\ f_{pe} + 4200 \end{array} \right.$$

$$f_{ps} = \min \left\{ \begin{array}{l} 24054 \text{ kg/cm}^2 \\ 18248 + 4200 = 22448 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

Por lo tanto:

$$f_{ps} = 22448 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = \frac{Ap * f_{ps}}{0.85 * f_{c'} * b}$$

$$a = \frac{21.92 * 22448}{0.85 * 350 * 107} = 15.45 \text{ cm}$$

Debido a que  $a > D_2$

$$15.45 \text{ cm} < 13 \text{ cm}$$

La viga trabaja como sección T

$$A_{pf} = 0.85 * \frac{f_c'}{f_{ps}} * (B1 - B3) * D2$$

$$A_{pf} = 0.85 * \frac{350}{22448} * (107 - 20) * 13 = 14.99 \text{ cm}^2$$

$$A_{pw} = A_p - A_{pf}$$

$$A_{pw} = 21.92 - 14.99 = 6.93 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_{pw} * f_{ps}}{0.85 * f_c' * bw}$$

$$a = \frac{6.93 * 22448}{0.85 * 350 * 20} = 26.14 \text{ cm}$$

$$M_n = A_{pw} * f_{ps} \left( dp - \frac{a}{2} \right) + A_{pf} * f_{ps} \left( dp - \frac{D2}{2} \right)$$

$$M_n = 6.93 * 22448 \left( 135.11 - \frac{26.14}{2} \right) + 14.99 * 22448 \left( 135.11 - \frac{13}{2} \right)$$

$$= 623 \text{ T} * m$$

$$\phi M_n = 0.9 * 623 = 561 T * m$$

Condición 1:

$$\phi M_n \geq Mu$$

$$561 > 545.53 \text{ OK}$$

Condición 2:

$$M_{cr} = \left[ 2 * \sqrt{f_c'} - \frac{Pe}{A} \left( 1 + \frac{e_o * y^2}{i^2} \right) - M_o * \frac{y^2}{I} \right] * \frac{I}{y^2}$$

$$M_{cr} = \left[ 2 * \sqrt{350} - \frac{-328000}{6516.5} \left( 1 + \frac{56.9 * 81.79}{3336} \right) - 7815000 * \frac{81.79}{21743986.6} \right] * \frac{21743986.6}{81.79} = 342 T * m$$

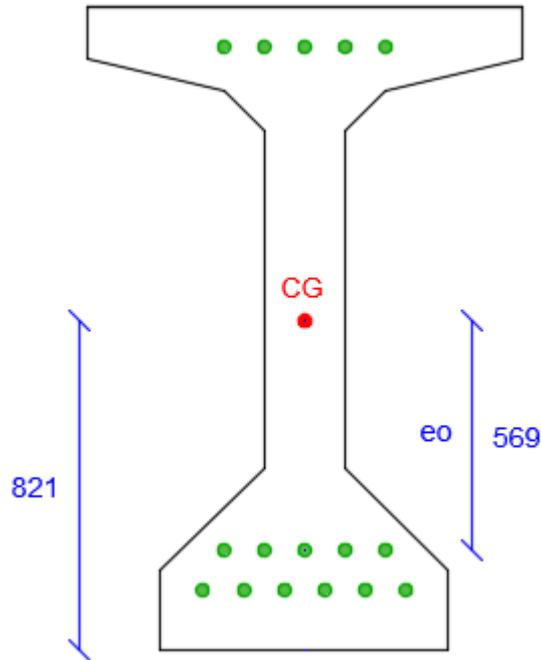
$$\phi M_n \geq 1.2 M_{cr}$$

$$561 > 410 \text{ OK}$$

Distribución de Torones

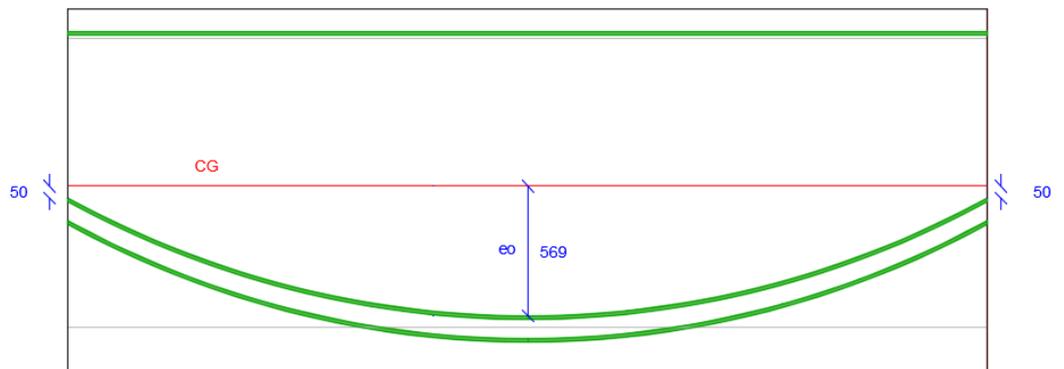
$$No. T = \frac{A_p}{A_{pi}} = \frac{21.92}{1.4} = 15.65 \cong 16 \text{ Torones } (0.6)'' Gr270$$

### Ubicación del Acero de Presfuerzo, Corte Transversal de Viga



**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### Ubicación del Acero de Presfuerzo, Corte Longitudinal de Viga



**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

➤ **Diseño de Tablero**

Momento Último de Resistencia

Se considera una franja de losa de 1.0 m.

$$(-)M_u = 1.25 * M_{DC} + 1.50 * M_{DW} + 1.75 * (M_{LL} + M_{IM})$$

$$(-)M_u = 1.25 (0.083) + 1.50 (1.05) + 1.75 (2.70) = 6.4 \text{ T*m}$$

$$(+)M_u = 1.25 * M_{DC} + 1.50 * M_{DW} + 1.75 * (M_{LL} + M_{IM})$$

$$(+)M_u = 1.25 (0.059) + 1.50 (0.64) + 1.75 (2.22) = 4.92 \text{ T*m}$$

Acero Negativo principal

$$(-) M_u = 6.4 \text{ T*m}$$

$$t = 18 \text{ cm}$$

$$r = 3.5 \text{ cm}$$

$$d = 18 \text{ cm} - 3.5 - 1.8/2 = 13.6 \text{ cm}$$

$$AS = \frac{M_u}{0.9 * f_y * d}$$

$$AS = \frac{6.4 * 10^5}{0.9 * 4200 * 13.6} = 12.44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Si  $\emptyset 18 A_{\emptyset 18} = 2.54 \text{ cm}^2$

$$\text{No. varillas} = \frac{12.44}{2.54} = 4.9 \cong 5$$

Por lo tanto 1  $\emptyset 18 \text{ c/ } 20\text{cm}$  o 5  $\emptyset 18 \text{ c/ m}$

### Acero Positivo principal

(-)  $M_u = 4.92 \text{ T}\cdot\text{m}$

$t = 18 \text{ cm}$

$r = 2.5 \text{ cm}$

$d = 18\text{cm} - 2.5 - 1.8/2 = 14.6 \text{ cm}$

$$AS = \frac{M_u}{0.9 * f_y * d}$$

$$AS = \frac{4.92 * 10^5}{0.9 * 4200 * 14.6} = 8.91 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Si  $\emptyset 18 A_{\emptyset 18} = 2.54 \text{ cm}^2$

$$\text{No. varillas} = \frac{8.91}{2.54} = 3.5 \cong 4$$

Por lo tanto 1  $\emptyset 18 \text{ c/ } 25\text{cm}$  o 4  $\emptyset 18 \text{ c/ m}$

### Acero por Retracción

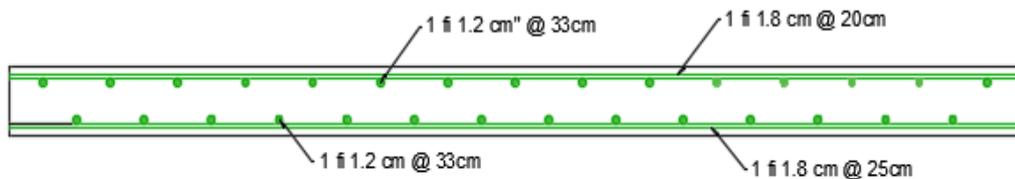
$$A_{\text{ret}} = 0.0018 A_g$$

$$A_{\text{ret}} = 0.0018 * 18 * 100 = 3.24 \text{ cm}^2$$

$$\text{No. varillas} = \frac{3.24}{1.13} = 2.86 \cong 3$$

Por lo tanto 1 Ø 12 c/ 33 cm o 3 Ø 12 c/ m

### Armadura de Refuerzo de Tablero de Hormigón



**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

#### ➤ Pre Dimensionamiento del Estribo

Para este proyecto se adoptarán las siguientes dimensiones para los componentes del estribo:

- Ancho del Estribo

$$A = 9.30 \text{ m}$$

- Altura del Estribo

$$H = 4.0 \text{ m}$$

- Altura de Pantalla

$$H_1 = \text{Alturas (Viga + Placa Neopreno - } H_{\text{losa de empate}})$$

$$H_1 = 1.60 \text{ m} + 0.05 \text{ m} - 0.20 \text{ m} = 1.85 \text{ m}$$

- Altura del Asiento

$$H_2 = H - H_1$$

$$H_2 = 4.0 - 1.85 = 2.15 \text{ m}$$

- Espesor de Alero

$$E = 0.20 \text{ m}$$

- Ancho de Asiento

$$A_1 = \text{Ancho del Puente} + 2 * E$$

$$A_1 = 9.30 \text{ m} + 2 * (0.2 \text{ m}) = 9.70 \text{ m}$$

- Longitud de Asiento

$$L_1 = 10\% A_1$$

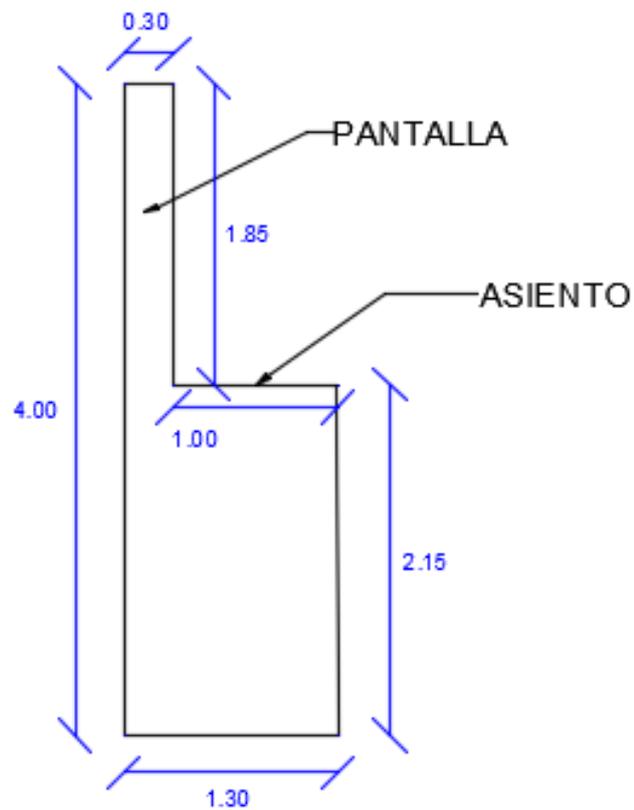
$$L_1 = 0.1 * 9.70 = 0.97 \text{ m} \rightarrow 1.0 \text{ m}$$

- Espesor de Pantalla

$$E1 = L1/4$$

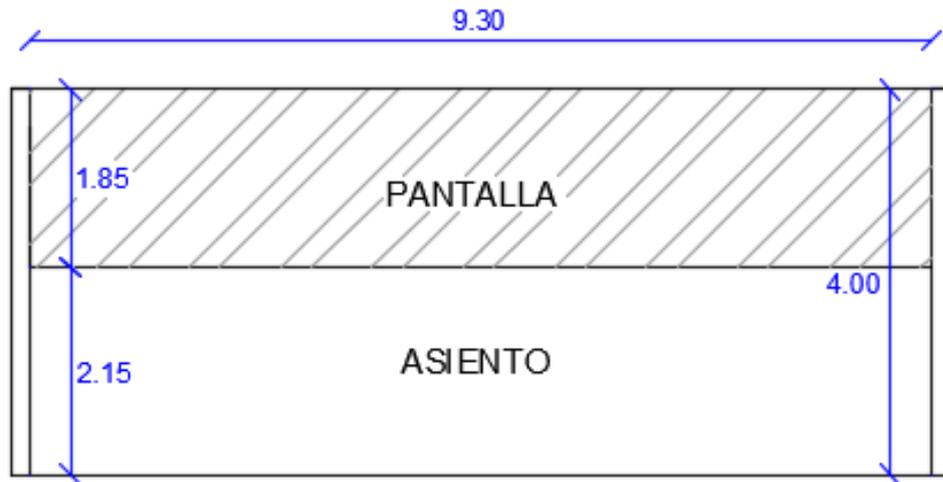
$$E1 = 1.0/4 = 0.25 \text{ m} \rightarrow 0.30 \text{ m}$$

### Esquema de Estribo



**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### Estribo en Elevación



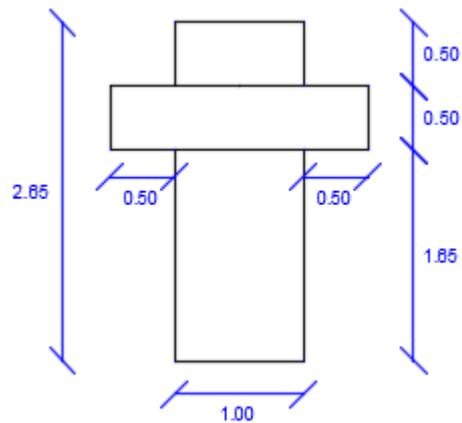
**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

### Estribo en Planta



**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

➤ **Pre Dimensionamiento del Apoyo Central**



**Fuente:** Arcentales, C., Rivera, J., 2017.

➤ **Pre Dimensionamiento de Muros de Pantalla Maciza**

Altura de Pantalla

$H_p = H - H_z - H_{\text{losa de empate}}$

$$H_p = 4.0 - 0.40\text{m} - 0.2\text{m} = 3.4\text{ m}$$

Espesor de Pantalla

$E_p = 0.2\text{ m o } 0.3\text{ m}$

$E_p = 0.3\text{ m}$

### Altura de zapata del Muro

$$H_z = H/10 \text{ o } H/12$$

$$H_z = 4.0/10 = 0.40 \text{ m}$$

### Ancho de Zapata

$$B_z = 0.4 H \text{ a } 0.7H$$

$$B_z = 0.5 * 4.0 = 2.0 \text{ m}$$

### Ancho del Pie de Zapata

$$P_z = B_z/3$$

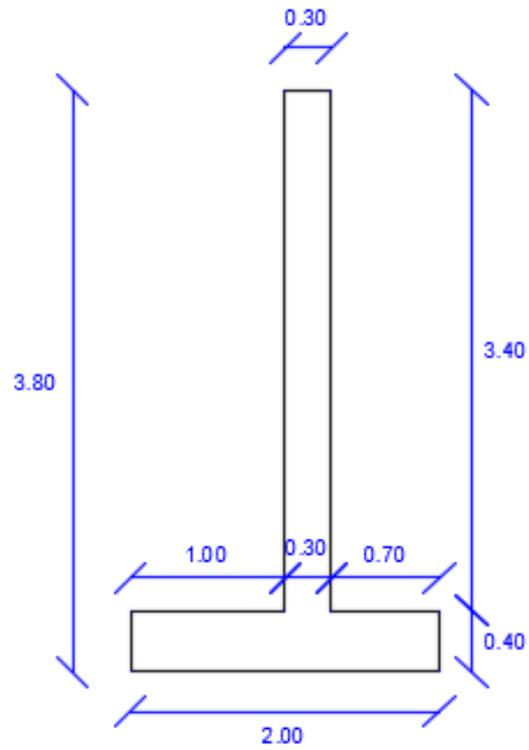
$$P_z = 2.0/3 = 0.67 \text{ m} \rightarrow 0.70 \text{ m}$$

### Ancho del Talón de Zapata

$$T_z = B_z - P_z - E_p$$

$$T_z = 2.0 - 0.70 - 0.3 = 1.0 \text{ m}$$

## Esquema de Muros



**Fuente:** Arcenales, C., Rivera, J., 2017.

## **ANEXO D**

### **IMPACTO AMBIENTAL**

#### **Matrices de Evaluación de Impacto Ambiental**

## Matriz de Intensidad

FASE	ACTIVIDADES	RECURSO						FACTORES SOCIOECONOMICOS	
		AGUA		SUELO	AIRE			EMPLEO	PAISAJE
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA		RUIDO	POLVO	GAS		
CONSTRUCCIÓN	DESBROCE Y LIMPIEZA	0	0	8	6	7	7	5	3
	TOPOGRAFIA	0	0	0	0	0	0	5	0
	NIVELACIÓN Y REPLANTEO	0	0	8	3	6	3	1	9
	MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	0	0	9	8	8	9	1	0
	MOVIMIENTO DE TIERRA	2	0	10	10	10	10	0	8
	COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS DE HORMIGON	0	0	4	2	2	0	0	0
	COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE RELLENO	2	0	3	8	9	9	1	3
	COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE RELLENO	0	0	5	8	9	9	1	0
	FORMACIÓN DE TERRAPLÉN DE RELLENO	0	0	3	8	9	9	1	3
	COLOCACIÓN DE SUB-BASE	0	0	3	8	9	9	1	3
	COMPACTACIÓN DE SUB-BASE	0	0	5	8	9	9	1	0
	COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL	0	0	0	2	2	3	3	8
	COLOCACIÓN DE LA GEOMEMBRANA	0	0	0	2	2	3	3	8
	IMPRIMACION ASFALTICA	0	0	0	9	9	9	1	3
	COLOCACION DE ESTRIBOS	4	0	4	8	8	8	1	4
	COLOCACION DE VIGAS	4	0	0	8	8	8	1	4
	COLOCACION DE TABLERO	4	0	0	8	8	8	1	4
	FUNDICION DE CARPETA ASFALTICA	0	0	4	8	8	8	1	5
DEMARCIÓN HORIZONTAL (PINTURA)	0	0	0	4	4	4	3	1	
COLOCACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL	0	0	3	4	4	4	3	4	
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	CIRCULACIÓN DE VEHICULOS	0	0	0	7	5	8	0	8
	MANTENIMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN	0	0	0	5	5	1	2	1
	REPARACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	0	0	0	6	6	7	2	0
	LIMPIEZA DE ALCANTARILLA	0	0	0	6	5	5	2	0

## Matriz Extensión

FASE	ACTIVIDADES	RECURSOS						FACTORES SOCIOECONOMICOS	
		RECURSO AGUA		RECURSO SUELO	RECURSO AIRE			EMPLEO	PAISAJE
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA		RUIDO	POLVO	GAS		
CONSTRUCCIÓN	DESBROCE Y LIMPIEZA	0	0	1	1	1	1	5	5
	TOPOGRAFIA	0	0	0	0	0	0	5	0
	NIVELACIÓN Y REPLANTEO	0	0	1	1	1	1	5	5
	MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	0	0	1	1	1	1	5	0
	MOVIMIENTO DE TIERRA	1	0	1	1	1	1	0	5
	COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS DE HORMIGON	0	0	1	1	1	0	0	0
	COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE RELLENO	1	0	1	1	1	1	5	5
	COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE RELLENO	0	0	1	1	1	1	5	0
	FORMACIÓN DE TERRAPLÉN DE RELLENO	0	0	1	1	1	1	5	5
	COLOCACIÓN DE SUB-BASE	0	0	1	1	1	1	5	5
	COMPACTACIÓN DE SUB-BASE	0	0	1	1	1	1	5	0
	COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL	0	0	0	1	1	1	5	5
	COLOCACIÓN DE LA GEOMEMBRANA	0	0	0	1	1	1	5	5
	IMPRIMACION ASFALTICA	0	0	0	1	1	1	5	5
	COLOCACION DE ESTRIBOS	1	0	1	1	1	1	5	1
	COLOCACION DE VIGAS	1	0	0	1	1	1	5	1
	COLOCACION DE TABLERO	1	0	0	1	1	1	5	1
	FUNDICION DE CARPETA ASFALTICA	0	0	1	1	1	1	5	5
	DEMARCIÓN HORIZONTAL (PINTURA)	0	0	0	1	1	1	5	5
COLOCACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL	0	0	1	1	1	1	5	5	
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	CIRCULACIÓN DE VEHICULOS	0	0	0	1	1	1	0	5
	MANTENIMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN	0	0	0	1	1	1	5	5
	REPARACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	0	0	0	1	1	1	5	0
	LIMPIEZA DE ALCANTARILLA	0	0	0	1	1	1	5	0

## Matriz Duración

FASE	ACTIVIDADES	RECURSOS						FACTORES SOCIOECONOMICOS	
		RECURSO AGUA		RECURSO SUELO	RECURSO AIRE			EMPLEO	PAISAJE
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA		RUIDO	POLVO	GAS		
CONSTRUCCIÓN	DESBROCE Y LIMPIEZA	0	0	1	1	1	1	1	1
	TOPOGRAFIA	0	0	0	0	0	0	1	0
	NIVELACIÓN Y REPLANTEO	0	0	10	1	1	1	1	1
	MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	0	0	1	1	1	1	1	0
	MOVIMIENTO DE TIERRA	1	0	10	1	1	1	0	10
	COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS DE HORMIGON	0	0	1	1	1	0	0	10
	COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE RELLENO	1	0	1	1	1	1	1	10
	COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE RELLENO	0	0	1	1	1	1	1	0
	FORMACIÓN DE TERRAPLÉN DE RELLENO	0	0	1	1	1	1	1	10
	COLOCACIÓN DE SUB-BASE	0	0	1	1	1	1	1	10
	COMPACTACIÓN DE SUB-BASE	0	0	1	1	1	1	1	0
	COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL	0	0	0	1	1	1	1	10
	COLOCACIÓN DE LA GEOMEMBRANA	0	0	0	1	1	1	1	10
	IMPRIMACION ASFALTICA	0	0	0	1	1	1	1	10
	COLOCACION DE ESTRIBOS	1	0	1	1	1	1	1	10
	COLOCACION DE VIGAS	1	0	0	1	1	1	1	10
	COLOCACION DE TABLERO	1	0	0	1	1	1	1	10
	FUNDICION DE CARPETA ASFALTICA	0	0	1	1	1	1	1	10
	DEMARCIÓN HORIZONTAL (PINTURA)	0	0	0	1	1	1	1	5
	COLOCACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL	0	0	1	1	1	1	1	5
OPERACIÓN Y MANTENIM	CIRCULACIÓN DE VEHICULOS	0	0	0	1	1	1	0	10
	MANTENIMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN	0	0	0	1	1	1	1	5
	REPARACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	0	0	0	1	1	1	1	0
	LIMPIEZA DE ALCANTARILLA	0	0	0	1	1	1	1	0

## Matriz Signo

FASE	ACTIVIDADES	RECURSOS						FACTORES SOCIOECONOMICOS	
		RECURSO AGUA		RECURSO SUELO	RECURSO AIRE			EMPLEO	PAISAJE
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA		RUIDO	POLVO	GAS		
CONSTRUCCIÓN	DESBROCE Y LIMPIEZA	0	0	-1	-1	-1	-1	1	-1
	TOPOGRAFIA	0	0	0	0	0	0	1	0
	NIVELACIÓN Y REPLANTEO	0	0	-1	-1	-1	-1	1	-1
	MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	0	0	-1	-1	-1	-1	1	0
	MOVIMIENTO DE TIERRA	-1	0	-1	-1	-1	-1	0	-1
	COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS DE HORMIGON	0	0	-1	-1	-1	0	0	0
	COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE RELLENO	-1	0	-1	-1	-1	-1	1	-1
	COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE RELLENO	0	0	-1	-1	-1	-1	1	0
	FORMACIÓN DE TERRAPLÉN DE RELLENO	0	0	-1	-1	-1	-1	1	-1
	COLOCACIÓN DE SUB-BASE	0	0	-1	-1	-1	-1	1	-1
	COMPACTACIÓN DE SUB-BASE	0	0	-1	-1	-1	-1	1	0
	COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL	0	0	0	-1	-1	-1	1	-1
	COLOCACIÓN DE LA GEOMEMBRANA	0	0	0	-1	-1	-1	1	-1
	IMPRIMACION ASFALTICA	0	0	0	-1	-1	-1	1	-1
	COLOCACION DE ESTRIBOS	-1	0	-1	-1	-1	-1	1	-1
	COLOCACION DE VIGAS	-1	0	0	-1	-1	-1	1	-1
	COLOCACION DE TABLERO	-1	0	0	-1	-1	-1	1	-1
	FUNDICION DE CARPETA ASFALTICA	0	0	-1	-1	-1	-1	1	-1
DEMARCIÓN HORIZONTAL (PINTURA)	0	0	0	-1	-1	-1	1	-1	
COLOCACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL	0	0	-1	-1	-1	-1	1	-1	
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	CIRCULACIÓN DE VEHICULOS	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1
	MANTENIMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN	0	0	0	-1	-1	-1	1	-1
	REPARACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	0	0	0	-1	-1	-1	1	0
	LIMPIEZA DE ALCANTARILLA	0	0	0	-1	-1	-1	1	0

## Matriz Magnitud

FASE	ACTIVIDADES	RECURSOS						FACTORES SOCIOECONOMICOS	
		RECURSO AGUA		RECURSO SUELO	RECURSO AIRE			EMPLEO	PAISAJE
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA		RUIDO	POLVO	GAS		
CONSTRUCCIÓN	DESBROCE Y LIMPIEZA	0	0	-3.1	-2.5	-2.8	-2.8	3.4	-2.8
	TOPOGRAFIA	0	0	0	0	0	0	3.4	0
	NIVELACIÓN Y REPLANTEO	0	0	-6.7	-1.6	-2.5	-1.6	2.2	-4.6
	MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	0	0	-3.4	-3.1	-3.1	-3.4	2.2	0
	MOVIMIENTO DE TIERRA	-1.3	0	-7.3	-3.7	-3.7	-3.7	0	-7.9
	COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS DE HORMIGON	0	0	-1.9	-1.3	-1.3	0	0	0
	COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE RELLENO	-1.3	0	-1.6	-3.1	-3.4	-3.4	2.2	-6.4
	COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE RELLENO	0	0	-2.2	-3.1	-3.4	-3.4	2.2	0
	FORMACIÓN DE TERRAPLÉN DE RELLENO	0	0	-1.6	-3.1	-3.4	-3.4	2.2	-6.4
	COLOCACIÓN DE SUB-BASE	0	0	-1.6	-3.1	-3.4	-3.4	2.2	-6.4
	COMPACTACIÓN DE SUB-BASE	0	0	-2.2	-3.1	-3.4	-3.4	2.2	0
	COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL	0	0	0	-1.3	-1.3	-1.6	2.8	-7.9
	COLOCACIÓN DE LA GEOMEMBRANA	0	0	0	-1.3	-1.3	-1.6	2.8	-7.9
	IMPRIMACION ASFALTICA	0	0	0	-3.4	-3.4	-3.4	2.2	-6.4
	COLOCACION DE ESTRIBOS	-1.9	0	-1.9	-3.1	-3.1	-3.1	2.2	-5.5
	COLOCACION DE VIGAS	-1.9	0	0	-3.1	-3.1	-3.1	2.2	-5.5
	COLOCACION DE TABLERO	-1.9	0	0	-3.1	-3.1	-3.1	2.2	-5.5
	FUNDICION DE CARPETA ASFALTICA	0	0	-1.9	-3.1	-3.1	-3.1	2.2	-7
DEMARCIÓN HORIZONTAL (PINTURA)	0	0	0	-1.9	-1.9	-1.9	2.8	-3.8	
COLOCACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL	0	0	-1.6	-1.9	-1.9	-1.9	2.8	-4.7	
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	CIRCULACIÓN DE VEHICULOS	0	0	0	-2.8	-2.2	-3.1	0	-7.9
	MANTENIMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN	0	0	0	-2.2	-2.2	-1	2.5	-3.8
	REPARACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	0	0	0	-2.5	-2.5	-2.8	2.5	0
	LIMPIEZA DE ALCANTARILLA	0	0	0	-2.5	-2.2	-2.2	2.5	0

## Matriz Reversibilidad

FASE	ACTIVIDADES	RECURSOS						FACTORES SOCIOECONOMICOS	
		RECURSO AGUA		RECURSO SUELO	RECURSO AIRE			EMPLEO	PAISAJE
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA		RUIDO	POLVO	GAS		
CONSTRUCCIÓN	DESBROCE Y LIMPIEZA	0	0	1	1	1	1	1	1
	TOPOGRAFIA	0	0	0	0	0	0	1	0
	NIVELACIÓN Y REPLANTEO	0	0	10	1	1	1	1	1
	MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	0	0	5	5	5	5	1	0
	MOVIMIENTO DE TIERRA	1	0	10	5	5	5	0	5
	COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS DE HORMIGON	0	0	5	5	1	0	0	0
	COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO	1	0	5	1	1	1	1	1
	COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE RELLENO	0	0	5	5	5	5	1	0
	FORMACIÓN DE TERRAPLÉN DE RELLENO	0	0	5	1	1	1	1	1
	COLOCACIÓN DE SUB-BASE	0	0	5	5	5	5	1	1
	COMPACTACIÓN DE SUB-BASE	0	0	5	1	1	1	1	0
	COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL	0	0	0	1	1	1	1	1
	COLOCACIÓN DE LA GEOMEMBRANA	0	0	0	1	1	1	1	1
	IMPRIMACION ASFALTICA	0	0	0	5	5	5	1	1
	COLOCACION DE ESTRIBOS	1	0	5	5	5	5	1	1
	COLOCACION DE VIGAS	1	0	0	1	1	1	1	1
	COLOCACION DE TABLERO	1	0	0	1	1	1	1	1
	FUNDICION DE CARPETA ASFALTICA	0	0	5	1	1	1	1	1
	DEMARCIÓN HORIZONTAL (PINTURA)	0	0	0	1	1	1	1	1
	COLOCACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL	0	0	5	1	1	1	1	1
OPERACIÓN	CIRCULACIÓN DE VEHICULOS	0	0	0	5	5	5	0	1
	MANTENIMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN	0	0	0	1	1	1	1	1
	REPARACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	0	0	0	1	1	1	1	0
	LIMPIEZA DE ALCANTARILLA	0	0	0	1	1	1	1	0

## Matriz Riesgo

FASE	ACTIVIDADES	RECURSOS						FACTORES SOCIOECONOMICOS	
		RECURSO AGUA		RECURSO SUELO	RECURSO AIRE			EMPLEO	PAISAJE
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA		RUIDO	POLVO	GAS		
CONSTRUCCIÓN	DESBROCE Y LIMPIEZA	0	0	10	5	5	5	1	1
	TOPOGRAFIA	0	0	0	0	0	0	1	0
	NIVELACIÓN Y REPLANTEO	0	0	10	1	1	1	1	1
	MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	0	0	10	10	10	10	1	0
	MOVIMIENTO DE TIERRA	1	0	10	10	10	10	0	10
	COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS DE HORMIGON	0	0	1	1	1	0	0	0
	COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE RELLENO	1	0	5	5	5	5	1	1
	COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE RELLENO	0	0	1	5	5	5	1	0
	FORMACIÓN DE TERRAPLÉN DE RELLENO	0	0	1	5	5	5	1	1
	COLOCACIÓN DE SUB-BASE	0	0	1	5	5	5	1	1
	COMPACTACIÓN DE SUB-BASE	0	0	1	5	5	5	1	0
	COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL	0	0	1	1	1	1	1	1
	COLOCACIÓN DE LA GEOMEMBRANA	0	0	1	1	1	1	1	1
	IMPRIMACION ASFALTICA	0	0	1	5	5	5	1	1
	COLOCACION DE ESTRIBOS	1	0	5	5	5	5	1	5
	COLOCACION DE VIGAS	1	0	0	1	1	1	1	1
	COLOCACION DE TABLERO	1	0	0	1	1	1	1	1
	FUNDICION DE CARPETA ASFALTICA	0	0	1	1	1	1	1	1
	DEMARCIÓN HORIZONTAL (PINTURA)	0	0	0	1	1	5	1	1
	COLOCACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL	0	0	1	1	1	1	1	1
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	CIRCULACIÓN DE VEHICULOS	0	0	0	10	5	10	0	10
	MANTENIMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN	0	0	0	1	1	1	1	1
	REPARACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	0	0	0	5	5	1	1	0
	LIMPIEZA DE ALCANTARILLA	0	0	0	1	1	1	1	0

## Matriz Viabilidad

F	ACTIVIDADES	RECURSO AGUA		RECURSO SUELO	RECURSO AIRE			F. SOCIOECONOMICOS		
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA		RUIDO	POLVO	GAS	EMPLEO	PAISAJE	
CONSTRUCCIÓN	DESBROCE Y LIMPIEZA	0.0	0.0	2.8	2.1	2.2	2.2	1.4	1.4	12.2
	TOPOGRAFIA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.4
	NIVELACIÓN Y REPLANTEO	0.0	0.0	8.9	1.2	1.3	1.2	1.3	1.6	15.3
	MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	0.0	0.0	5.5	5.3	5.3	5.5	1.3	0.0	22.9
	MOVIMIENTO DE TIERRA	1.1	0.0	9.1	5.6	5.6	5.6	0.0	7.1	34.1
	COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS DE HORMIGON	0.0	0.0	2.3	2.1	1.1	0.0	0.0	0.0	5.4
	COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE RELLENO	1.1	0.0	3.6	2.3	2.3	2.3	1.3	1.7	14.6
	COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE RELLENO	0.0	0.0	2.4	4.3	4.5	4.5	1.3	0.0	16.9
	FORMACIÓN DE TERRAPLÉN DE RELLENO	0.0	0.0	2.2	2.3	2.3	2.3	1.3	1.7	12.2
	COLOCACIÓN DE SUB-BASE	0.0	0.0	2.2	4.3	4.5	4.5	1.3	1.7	18.4
	COMPACTACIÓN DE SUB-BASE	0.0	0.0	2.4	2.3	2.3	2.3	1.3	0.0	10.6
	COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	1.2	1.4	1.9	6.5
	COLOCACIÓN DE LA GEOMEMBRANA	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	1.2	1.4	1.9	6.5
	IMPRIMACION ASFALTICA	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5	4.5	1.3	1.7	16.4
	COLOCACION DE ESTRIBOS	1.2	0.0	3.7	4.3	4.3	4.3	1.3	2.7	21.9
	COLOCACION DE VIGAS	1.2	0.0	0.0	1.4	1.4	1.4	1.3	1.7	8.4
	COLOCACION DE TABLERO	1.2	0.0	0.0	1.4	1.4	1.4	1.3	1.7	8.4
	FUNDICION DE CARPETA ASFALTICA	0.0	0.0	2.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.8	9.6
DEMARCIÓN HORIZONTAL (PINTURA)	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	2.0	1.4	1.5	7.2	
COLOCACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL	0.0	0.0	2.2	1.2	1.2	1.2	1.4	1.6	8.8	
		<b>5.8</b>	<b>0.0</b>	<b>49.6</b>	<b>49.4</b>	<b>49.1</b>	<b>48.9</b>	<b>23.5</b>	<b>31.6</b>	TOTAL
OPERACIÓN	CIRCULACIÓN DE VEHICULOS	0.0	0.0	0.0	5.2	3.9	5.3	0.0	3.7	18.1
	MANTENIMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN	0.0	0.0	0.0	1.3	1.3	1.0	1.3	1.5	6.3
	REPARACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	0.0	0.0	0.0	2.1	2.1	1.4	1.3	0.0	6.9
	LIMPIEZA DE ALCANTARILLA	0.0	0.0	0.0	1.3	1.3	1.3	1.3	0.0	5.2
		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>9.9</b>	<b>8.6</b>	<b>9.0</b>	<b>3.9</b>	<b>5.2</b>	TOTAL

## Matriz Evaluación

FASE	ACTIVIDADES	RECURSO AGUA		RECURSO SUELO	RECURSO AIRE			F. SOCIOECONOMICOS	
		SUPERFICIAL	SUBTERRANEA		RUIDO	POLVO	GAS	EMPLEO	PAISAJE
CONSTRUCCIÓN	DESBROCE Y LIMPIEZA	N	N	B	B	B	B	B	B
	TOPOGRAFIA	N	N	N	N	N	N	B	N
	NIVELACIÓN Y REPLANTEO	N	N	A	B	B	B	B	B
	MOVIMIENTO DE MAQUINARIAS	N	N	M	M	M	M	B	N
	MOVIMIENTO DE TIERRA	B	N	A	M	M	M	N	A
	COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS DE HORMIGON	N	N	B	B	B	N	N	N
	COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE RELLENO	B	N	B	B	B	B	B	B
	COMPACTACIÓN DE MATERIAL DE RELLENO	N	N	B	M	M	M	B	N
	FORMACIÓN DE TERRAPLÉN DE RELLENO	N	N	B	B	B	B	B	B
	COLOCACIÓN DE SUB-BASE	N	N	B	M	M	M	B	B
	COMPACTACIÓN DE SUB-BASE	N	N	B	B	B	B	B	N
	COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL	N	N	N	B	B	B	B	B
	COLOCACIÓN DE LA GEOMEMBRANA	N	N	N	B	B	B	B	B
	IMPRIMACION ASFALTICA	N	N	N	M	M	M	B	B
	COLOCACION DE ESTRIBOS	B	N	B	M	M	M	B	B
	COLOCACION DE VIGAS	B	N	N	B	B	B	B	B
	COLOCACION DE TABLERO	B	N	N	B	B	B	B	B
	FUNDICION DE CARPETA ASFALTICA	N	N	B	B	B	B	B	B
	DEMARCIÓN HORIZONTAL (PINTURA)	N	N	N	B	B	B	B	B
COLOCACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL	N	N	B	B	B	B	B	B	
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	CIRCULACIÓN DE VEHICULOS	N	N	N	M	B	M	N	B
	MANTENIMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN	N	N	N	B	B	B	B	B
	REPARACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	N	N	N	B	B	B	B	N
	LIMPIEZA DE ALCANTARILLA	N	N	N	B	B	B	B	N

## ANEXO E

### APU

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	1.1	UNIDAD		Ha	
DETALLE	Desbroce y limpieza de terreno (Inc. Desalojo)	RENDIMIENTO (H/U)		8	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	13.092	8	104.736
Cargadora 170 HP	1	53.00	53.00	8	424
Volqueta 9 m3	1	20.00	20.00	8	160
Motosierra	4	2.91	11.64	8	93.12
SUBTOTAL (M)					781.86
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Operador de equipo pesado C1	1	3.82	3.82	8	30.56
Chofer volquetas C1	1	5.00	5.00	8	40.00
Peón E2	2	3.41	6.82	8	54.56
Engrasador o abastecedor responsable D2	1	3.45	3.45	8	27.60
Operador de equipo liviano	4	3.41	13.64	8	109.12
SUBTOTAL (N)					261.84
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL (O)					0.00
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				1043.70
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				208.74
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>1252.44</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	1.2	UNIDAD		m2	
DETALLE	Caseta para almacenamiento de materiales y guardiana	RENDIMIENTO (H/U)		0.8	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	0.7016	0.8	0.56128
Compactadora de plancha	1	3.25	3.25	0.8	2.6
SUBTOTAL (M)					3.16
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Maestro Mayor en ejecución de Obras Civiles C1	1	3.82	3.82	0.8	3.06
Albañil D2	1	3.45	3.45	0.8	2.76
Carpintero D2	1	3.45	3.45	0.8	2.76
Peón E2	2	3.41	6.82	0.8	5.46
SUBTOTAL (N)					14.03
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cuartones 4m	u	1	2.81	2.81	
Tiras 4m	u	1	1.67	1.67	
Tabla semidura 4m	u	3	3.77	11.31	
Cemento Portland GU	saco	0.5	6.86	3.43	
Arena Gruesa	m3	0.01	12.5	0.13	
Piedra Triturada 3/4	m3	0.013	18.75	0.24	
Zinc 12'	u	0.5	13.25	6.63	
Bisagras	u	0.3	0.85	0.26	
SUBTOTAL (O)					26.47
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Transporte Materiales	Gb	1	2.0	2	
SUBTOTAL (P)					2.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				45.66
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				9.13
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>54.79</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	1.3	UNIDAD		m2	
DETALLE	Trazado y Replanteo	RENDIMIENTO (H/U)		0.03	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	0.031545	0.03	0.001
Equipo Topográfico	1	5.00	5.00	0.03	0.15
SUBTOTAL (M)					0.15
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Topógrafo C1	1	3.82	3.82	0.03	0.11
Cadenero D2	4	3.45	13.80	0.03	0.41
Peón E2	1	3.41	3.41	0.03	0.10
SUBTOTAL (N)					0.63
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cuartones 4m	u	0.03	2.81	0.08	
Tiras 4m	u	0.03	1.67	0.05	
Tabla semidura 4m	u	0.02	3.77	0.08	
Clavo 2"	lb	0.01	6.86	0.07	
Pintura de caucho	Lt	0.01	12.5	0.13	
SUBTOTAL (O)					0.40
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO D=C*R	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				1.19
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				0.24
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>1.42</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	1.4	UNIDAD		Gb	
DETALLE	Instalación eléctrica provisional	RENDIMIENTO (H/U)		4	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	3.508	4	14.032
SUBTOTAL (M)					14.03
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Maestro Mayor en ejecución de Obras Civiles C1	1	3.82	3.82	4	15.28
Electricista D2	1	3.45	3.45	4	13.80
Ayudante D2	1	3.45	3.45	4	13.80
Peón E2	2	3.41	6.82	4	27.28
SUBTOTAL (N)					70.16
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Breaker 1 polo 15-50 A	u	1	5.71	5.71	
Disyuntor 2-4 GE	u	1	19.8	19.80	
Cable # 8	m	10	1.52	15.20	
Cable # 14	m	10	0.35	3.50	
Accesorios eléctricos (interruptor, toma, boquilla)	u	2	10.00	20.00	
Medidor de luz industrial 220 V	u	1	18.32	18.32	
Cable triplex acometida 220 V	m	30	2.13	63.90	
SUBTOTAL (O)					146.43
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO D=C*R	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				230.62
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				46.12
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>276.75</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	1.5	UNIDAD		Gb	
DETALLE	Instalación AAPP provisional	RENDIMIENTO (H/U)		4	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	3.51	4	14.032
SUBTOTAL (M)					14.03
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Maestro Mayor en ejecución de Obras Civiles C1	1	3.82	3.82	4	15.28
Plomero D2	1	3.45	3.45	4	13.80
Albañil D2	1	3.45	3.45	4	13.80
Peón E2	2	3.41	6.82	4	27.28
SUBTOTAL (N)					70.16
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Medidor 1/2"	u	1	39.29	39.29	
Tanque 55 galones	u	2	10.18	20.36	
Tubería PVC roscable 1/2"	ml	50	0.68	34.00	
Accesorios ( codos, uniones, abrazaderas)	u	10	3.00	30.00	
SUBTOTAL (O)					123.65
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO D=C*R	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA		TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)			207.84
		INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)			41.57
		<b>VALOR OFERTADO</b>			<b>249.41</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	1.6	UNIDAD			Gb
DETALLE	Instalación AASS provisional	RENDIMIENTO (H/U)			4
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	2.83	4	11.304
SUBTOTAL (M)					11.30
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Maestro Mayor en ejecución de Obras Civiles C1	1	3.82	3.82	4	15.28
Plomero D2	1	3.45	3.45	4	13.80
Albañil D2	1	3.45	3.45	4	13.80
Peón E2	1	3.41	3.41	4	13.64
SUBTOTAL (N)					56.52
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tubería PVC desagüe 4"	ml	9	2.21	19.89	
Accesorios ( codos, uniones, abrazaderas)	u	10	3	30.00	
Inodoro	u	1	75.32	75.32	
Cuartones 4m	u	2	2.81	5.62	
Tiras 4m	u	1	1.67	1.67	
Tabla semidura 4m	u	15	3.77	56.55	
Cemento Portland GU	saco	0.5	6.86	3.43	
Arena Gruesa	m3	0.01	12.5	0.13	
Piedra Triturada 3/4	m3	0.013	18.75	0.24	
Zinc 12'	u	0.5	13.25	6.625	
SUBTOTAL (O)					199.47
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO D=C*R	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				267.30
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				53.46
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>320.76</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	2.1	UNIDAD		m3	
DETALLE	Excavación sin clasificar (Inc. Desalojo)	RENDIMIENTO (H/U)		0.055	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Excavadora 155 HP	1	50.00	50.00	0.055	2.75
Volqueta 9 m3	1	20.00	20.00	0.055	1.1
SUBTOTAL (M)					3.85
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Operador de equipo pesado C1	1	3.82	3.82	0.055	0.21
Chofer volquetas C1	1	5.00	5.00	0.055	0.28
Peón E2	2	3.41	6.82	0.055	0.38
SUBTOTAL (N)					0.86
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL (O)					0.00
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				4.71
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				0.94
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>5.65</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	2.2	UNIDAD		m3	
DETALLE	Material de préstamo importado no cribado (inc. Transporte)	RENDIMIENTO (H/U)		1	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
SUBTOTAL (M)					0.00
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
SUBTOTAL (N)					0.00
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Material de préstamo importado no cribado	m3	1	2.00	2.00	
SUBTOTAL (O)					2.00
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Volqueta 9 m3	Km/m3	17	0.1875	3.19	
SUBTOTAL (P)					3.19
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				5.19
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				1.04
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>6.23</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	2.3			UNIDAD	m3
DETALLE	Conformación de Terraplén			RENDIMIENTO (H/U)	0.006
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Motoniveladora 135 HP	1	45.00	45.00	0.006	0.27
Rodillo vibratorio 8 Toneladas	1	30.00	30.00	0.006	0.18
Camión Cisterna	1	18	18.00	0.006	0.11
SUBTOTAL (M)					0.45
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Operador de equipo pesado C1	1	3.82	3.82	0.006	0.02
Operador de equipo pesado C2	1	3.82	3.82	0.006	0.02
Chofer Profesional C1	1	5.00	5.00	0.006	0.03
Operador General C1	1	3.82	3.82	0.006	0.02
SUBTOTAL (N)					0.10
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Agua	m3	0.03	0.5	0.015	
SUBTOTAL (O)					0.02
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Agua	m3	0.03	0.08	0.002	
SUBTOTAL (P)					0.002
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				0.57
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				0.11
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>0.68</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	3.1	UNIDAD		m2	
DETALLE	Carpeta Asfáltica mezclada en planta e=4"	RENDIMIENTO (H/U)		0.02	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Rodillo Liso	1	38.00	38.00	0.02	0.76
Rodillo Neumático 80 HP	1	23.00	23.00	0.02	0.46
Volqueta 18 m3	1	46.75	46.75	0.02	0.94
Camión Distribuidor de Asfalto	1	35.00	35.00	0.02	0.7
Finisher	1	45.00	45.00	0.02	0.9
Camión Cisterna	1	18	18.00	0.02	0.36
SUBTOTAL (M)					2.86
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Operador de equipo pesado C1	1	3.82	3.82	0.02	0.08
Operador de equipo pesado C2	4	3.64	14.56	0.02	0.29
Chofer Profesional C1	1	5.00	5.00	0.02	0.10
Peón E2	2	3.41	6.82	0.02	0.14
SUBTOTAL (N)					0.60
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Asfalto AP-3	Kg	16.0	0.34	5.44	
Diesel	Lt	4.0	0.27	1.07	
Material triturado 3/4 "	m3	0.048	13.25	0.636	
Material triturado 1 "	m3	0.056	12.0	0.672	
Arena Gruesa	m3	0.060	8.8	0.528	
SUBTOTAL (O)					8.35
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Asfalto AP-3	Kg	16.0	0.01	0.16	
Diesel	Lt	4.0	0.02	0.08	
Material triturado 3/4 "	Km/m3	0.048	0.188	0.01	
Material triturado 1 "	Km/m3	0.056	0.188	0.01	
Arena Gruesa	Km/m3	0.060	0.188	0.01	
SUBTOTAL (P)					0.25
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				12.05
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				2.41
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>14.46</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	3.2	UNIDAD		m2	
DETALLE	Imprimación Asfáltica	RENDIMIENTO (H/U)		0.01	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Escoba Autopropulsada 80 HP	1	13.59	13.59	0.01	0.14
Camión Imprimador	1	35.00	35.00	0.01	0.35
SUBTOTAL (M)					0.49
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Operador de equipo pesado C2	1	3.64	3.64	0.01	0.04
Peón E2	1	3.41	3.41	0.01	0.03
Peparador de mezcla de materia prima	1	3.45	3.45	0.01	0.03
SUBTOTAL (N)					0.11
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Asfalto RC-250	Kg	1.5	0.29	0.44	
Diesel	Lt	0.1	0.27	0.03	
SUBTOTAL (O)					0.46
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Asfalto RC-250	Kg	1.5	0.02	0.030	
Diesel	Lt	0.1	0.08	0.008	
SUBTOTAL (P)					0.04
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				1.09
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				0.22
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>1.31</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	3.2	UNIDAD		m2	
DETALLE	Imprimación Asfáltica	RENDIMIENTO (H/U)		0.01	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Escoba Autopropulsada 80 HP	1	13.59	13.59	0.01	0.14
Camión Imprimador	1	35.00	35.00	0.01	0.35
SUBTOTAL (M)					0.49
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Operador de equipo pesado C2	1	3.64	3.64	0.01	0.04
Peón E2	1	3.41	3.41	0.01	0.03
Preparador de mezcla de materia prima	1	3.45	3.45	0.01	0.03
SUBTOTAL (N)					0.11
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Asfalto RC-250	Kg	1.5	0.29	0.44	
Diesel	Lt	0.1	0.27	0.03	
SUBTOTAL (O)					0.46
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Asfalto RC-250	Kg	1.5	0.02	0.030	
Diesel	Lt	0.1	0.08	0.008	
SUBTOTAL (P)					0.04
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				1.09
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				0.22
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>1.31</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	3.3			UNIDAD	m3
DETALLE	Base Clase 3 (inc. Transporte, tendido y compactación)			RENDIMIENTO (H/U)	0.0225
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Motoniveladora 135 HP	1	45.00	45.00	0.0225	1.01
Rodillo vibratorio 8 Toneladas	1	30.00	30.00	0.0225	0.675
Camión Cisterna	1	18	18.00	0.0225	0.405
SUBTOTAL (M)					2.09
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Operador de equipo pesado C1	1	3.82	3.82	0.0225	0.09
Operador de equipo pesado C2	1	3.82	3.82	0.0225	0.09
Chofer Profesional C1	1	5.00	5.00	0.0225	0.11
Operador General C1	1	3.82	3.82	0.0225	0.09
SUBTOTAL (N)					0.37
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Material Base Clase 3	m3	1	12.00	12.00	
Agua	m3	0.03	0.50	0.02	
SUBTOTAL (O)					12.02
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Material Base Clase 3 ( a Obra)	m3	1	3.19	3.19	
Agua	m3	0.03	0.08	0.0024	
SUBTOTAL (P)					3.19
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				17.67
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				3.53
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>21.20</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	3.4	UNIDAD		m3	
DETALLE	Sub Base Clase 3 (inc. Transporte, tendido y compactación)	RENDIMIENTO (H/U)		0.0225	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Motoniveladora 135 HP	1	45.00	45.00	0.0225	1.01
Rodillo vibratorio 8 Toneladas	1	30.00	30.00	0.0225	0.675
Camión Cisterna	1	18	18.00	0.0225	0.405
SUBTOTAL (M)					2.09
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Operador de equipo pesado C1	1	3.82	3.82	0.0225	0.09
Operador de equipo pesado C2	1	3.82	3.82	0.0225	0.09
Chofer Profesional C1	1	5.00	5.00	0.0225	0.11
Operador General C1	1	3.82	3.82	0.0225	0.09
SUBTOTAL (N)					0.37
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Material Sub Base Clase 3	m3	1	7.00	7.00	
Agua	m3	0.03	0.50	0.02	
SUBTOTAL (O)					7.02
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Material Sub Base Clase 3 ( a Obra)	m3	1	3.19	3.19	
Agua	m3	0.03	0.08	0.0024	
SUBTOTAL (P)					3.19
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				12.67
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				2.53
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>15.20</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	4.1			UNIDAD	m2
DETALLE	Geotextil T2400 (inc. Instalación)			RENDIMIENTO (H/U)	0.05
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	0.01715	0.05	0.001
SUBTOTAL (M)					0.001
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Albañil D2	1	3.45	3.45	0.05	0.17
Peón E2	1	3.41	3.41	0.05	0.17
SUBTOTAL (N)					0.34
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Geotextil T2400	m2	1	1.52	1.52	
Varilla acero corrugado 8mx12m	ml	1	0.36	0.36	
SUBTOTAL (O)					1.88
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				2.22
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				0.44
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>2.67</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	4.2	UNIDAD		m2	
DETALLE	Geomembrana e=1 mm (inc. Instalación)	RENDIMIENTO (H/U)		0.05	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	0.025675	0.05	0.001
SUBTOTAL (M)					0.001
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Albañil D2	1	3.45	3.45	0.05	0.17
Peón E2	2	3.41	6.82	0.05	0.34
SUBTOTAL (N)					0.51
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Geomembrana (e=1mm)	m2	1	6.00	6.00	
Varilla acero corrugado 8mx12m	ml	0.5	0.36	0.18	
SUBTOTAL (O)					6.18
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				6.69
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				1.34
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>8.03</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	5.1	UNIDAD		m3	
DETALLE	Excavación y relleno para estructuras	RENDIMIENTO (H/U)		0.05	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramiento menor	1	5% MO	0.0391	0.05	0.002
Excavadora 155 HP	1	50.00	50.00	0.05	2.500
Volqueta 9 m3	1	20.00	20.00	0.05	1.000
SUBTOTAL (M)					3.502
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Operador de equipo pesado C1	1	3.82	3.82	0.05	0.19
Chofer volquetas C1	1	5	5.00	0.05	0.25
Peón E2	2	3.41	6.82	0.05	0.34
SUBTOTAL (N)					0.78
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Material de Relleno	m3	0.45	5.00	2.25	
SUBTOTAL (O)					2.25
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Material de Relleno	m3	0.45	3.19	1.44	
SUBTOTAL (P)					1.44
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				7.97
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				1.59
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>9.56</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	5.2	UNIDAD			ml
DETALLE	Suministro e instalación de tubería D=1000 mm H.A. (inc. Entibado)	RENDIMIENTO (H/U)			0.25
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	0.496	0.25	0.12
Excavadora 155 HP	1	50.00	50.00	0.25	12.50
Compactador semipesado manual	1	1.60	1.60	0.25	0.40
Bomba de 4"	1	3.70	3.70	0.25	0.93
Grúa 20 Toneladas	1	45	45	0.25	11.25
SUBTOTAL (M)					25.20
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Operador de equipo pesado C1	1	3.82	3.82	0.25	0.96
Maestro Mayor en ejecución de Obras Civiles C1	1	3.82	3.82	0.25	0.96
Albañil D2	2	3.45	6.90	0.25	1.73
Operador equipo liviano	1	3.45	3.45	0.25	0.86
Peón E2	3	3.41	10.23	0.25	2.56
Operador C1	3	3.82	11.46	0.25	2.87
SUBTOTAL (N)					9.92
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tubería H.A. D=1000mm	ml	1	200.00	200.00	
Arena gruesa	m3	0.95	8.8	8.36	
SUBTOTAL (O)					208.36
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Arena gruesa	m3	0.45	3.19	1.44	
Tubería H.A. D=1000mm	ml	1	30.00	30.00	
SUBTOTAL (P)					31.44
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				274.91
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				54.98
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>329.90</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	5.3	UNIDAD		m3	
DETALLE	Muro de Hormigón Armado (fc=240 kg/cm2, fy=4200kg/cm2)	RENDIMIENTO (H/U)		2	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	3.13	2	6.26
Concretera 1 saco	1	25.00	25.00	2	50.00
Cortadora/Dobladora	1	1.40	1.40	2	2.80
SUBTOTAL (M)					59.06
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Maestro Mayor en ejecución de Obras Civiles C1	1	3.82	3.82	2	7.64
Carpintero D2	1	3.45	3.45	2	6.90
Albañil D2	2	3.45	6.90	2	13.80
Ferrero D2	2	3.45	6.90	2	13.80
Peón E2	3	3.41	10.23	2	20.46
SUBTOTAL (N)					62.60
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cuartones 4m	u	2	2.81	5.62	
Tiras 4m	u	2	1.67	3.34	
Tabla semidura 4m	u	6	3.77	22.62	
Cemento Portland GU	saco	8	6.86	54.88	
Arena Gruesa	m3	0.512	12.5	6.40	
Piedra Triturada 3/4	m3	0.768	18.75	14.40	
Acero fy= 4200 kg/cm2	kg	125	1.48	185.00	
SUBTOTAL (O)					292.26
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Material triturado 3/4 "	m3	0.768	3.19	2.45	
Arena Gruesa	m3	0.512	3.19	1.63	
Materiales Construcción (madera, acero, cemento)	Gb	1.0	10.00	10.00	
SUBTOTAL (P)					14.08
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				428.00
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				85.60
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>513.60</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	5.4	UNIDAD		m2	
DETALLE	Geotextil NT1600	RENDIMIENTO (H/U)		0.1	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramiento menor	1	5% MO	0.0343	0.1	0.00
SUBTOTAL (M)					0.00
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Albañil D2	1	3.45	3.45	0.1	0.35
Peón E2	1	3.41	3.41	0.1	0.34
SUBTOTAL (N)					0.69
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Geotextil NT1600	m2	1	0.76	0.76	
Varilla acero corrugado 8mx12m	ml	0.25	0.36	0.09	
SUBTOTAL (O)					0.85
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				1.54
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				0.31
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>1.85</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	5.5		UNIDAD		m2
DETALLE	Geomembrana (e=1mm)		RENDIMIENTO (H/U)		0.03
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	0.01029	0.03	0.00
SUBTOTAL (M)					0.00
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Albañil D2	1	3.45	3.45	0.03	0.10
Peón E2	1	3.41	3.41	0.03	0.10
SUBTOTAL (N)					0.21
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Geomembrana (e=1mm)	m2	1	6.00	6.00	
Varilla acero corrugado 8mx12m	ml	0.1	0.36	0.04	
SUBTOTAL (O)					6.04
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				6.24
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				1.25
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>7.49</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	8.1	UNIDAD		m2	
DETALLE	Trazado y Replanteo	RENDIMIENTO (H/U)		0.025	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Herramienta menor	1	5% MO	0.0262875	0.025	0.001
Equipo Topográfico	1	5.00	5.00	0.025	0.125
SUBTOTAL (M)					0.13
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Topógrafo C1	1	3.82	3.82	0.025	0.10
Cadenero D2	4	3.45	13.80	0.025	0.35
Peón E2	1	3.41	3.41	0.025	0.09
SUBTOTAL (N)					0.53
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cuartones 4m	u	0.03	2.81	0.08	
Tiras 4m	u	0.03	1.67	0.05	
Clavo 2"	lb	0.01	6.86	0.07	
SUBTOTAL (O)					0.20
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO D=C*R	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				0.85
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				0.17
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>1.03</b>

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	8.2	UNIDAD		Gb	
DETALLE	Estudio Geotécnico para Puentes	RENDIMIENTO (H/U)		0.025	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN		TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
SUBTOTAL (M)				0.00	
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN		JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
SUBTOTAL (N)				0.00	
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B
Sondeo mediante perforación		u	4	754.00	3016.00
Penetración Dinámica DPSH		u	4	80.80	323.20
Extracción muestra inalterada		u	4	25.85	103.40
Extracción muestra alterada (SPT)		u	4	20.00	80.00
Análisis Granulométrico		u	8	35.00	280.00
Límites de Atterberg		u	8	20.00	160.00
Contenido de Humedad		u	8	5.00	40.00
Densidad Seca Parente		u	4	10.00	40.00
Compresión Simple		u	4	40.00	160.00
Proctor		u	4	50.00	200.00
CBR		u	4	150.00	600.00
Informe Geotécnico para el diseño de cimentación		u	4	300.00	1200.00
SUBTOTAL (O)				6202.60	
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO D=C*R
Transporte de equipos		Gb	1	1000.0	1000
SUBTOTAL (P)				1000.00	
Precios no incluyen IVA				7202.60	
				1440.52	
				<b>8643.12</b>	

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO					
RUBRO	8.3	UNIDAD		m3	
DETALLE	Excavación sin clasificar (Inc. Desalojo)	RENDIMIENTO (H/U)		0.055	
<b>M.-EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Excavadora 155 HP	1	50.00	50.00	0.055	2.75
Volqueta 9 m3	1	20.00	20.00	0.055	1.1
SUBTOTAL (M)					3.85
<b>N.-MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
Operador de equipo pesado C1	1	3.82	3.82	0.055	0.21
Chofer volquetas C1	1	5.00	5.00	0.055	0.28
Peón E2	2	3.41	6.82	0.055	0.38
SUBTOTAL (N)					0.86
<b>O.-MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL (O)					0.00
<b>P.-TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL (P)					0.00
Precios no incluyen IVA	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				4.71
	INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				0.94
	<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>5.65</b>

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO NUEVO ACCESO AL PUERTO DE BALAO						
RUBRO	9.2	UNIDAD			m3	
DETALLE	Material de préstamo importado (inc. Transporte)			RENDIMIENTO (H/U)	1	
<b>M.-EQUIPOS</b>						
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
SUBTOTAL (M)					0.00	
<b>N.-MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD A	JORNAL/H B	COSTO HORA C=A*B	R	COSTO D=C*R
SUBTOTAL (N)					0.00	
<b>O.-MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Material de préstamo importado		m3	1	7.00	7.00	
SUBTOTAL (O)					7.00	
<b>P.-TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
Volqueta 9 m3		Km/m3	17	0.1875	3.19	
SUBTOTAL (P)					3.19	
Precios no incluyen IVA		TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				10.19
		INDIRECTOS Y UTILIDADES (20 %)				2.04
		<b>VALOR OFERTADO</b>				<b>12.23</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

AASTHO. (1965). A policy in Geometric Design of Rural Highways.

AASTHO. (2011). A policy in Geometric Design of Highways and Streets .

Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador.

Cámara de Construcción de Guayaquil. (2016). Revista de la Cámara de Construcción de Guayaquil.

Cedeño, A. M. (2013). Operación y mantenimiento de la camaronera PROVEXPO. Estudio de impacto ambiental EX-POST, 271.

Chandler, D. (1991). Diseño y construcción de muros con geotextil.

DOMUS. (2017). Arquitectura contemporánea. DOMUS, 62-88.

Gaytan, A. M. (1999). Evaluación Estructural y Económicas de Vigas tipo AASTHO para Puentes Carreteros.

Geocimientos S.A. (2013). Estudio Geotécnico para la cimentación de una Torre eléctrica en Balao. Balao.

Geosistemas PAVCO S.A. (2009). Manual de diseño con geosintéticos. Bogotá: Zetta Comunicadores.

Instituto Nacional de Vías. (2012). Normas y especificaciones de drenaje. Bogotá.

Koerner, R. M. (1994). Diseñando con Geosintéticos.

Laboratorio de suelos e ingeniería para cimentaciones. (2014). Análisis de asentamiento y recomendaciones para la cimentación de la Escuela de Milenio del cantón Balao. Machala.

Ley de Caminos, Decreto ejecutivo 285. (1964).

Ley Orgánica de la Salud, Código de la Salud, Decreto Supremo No. 188, Registro Oficial No. 158. (1971).

Ministerio de Transporte y Obras Públicas; Instituto Ecuatoriano de Normalización; Agencia Nacional de Tránsito. (2012). Señalización Vial Parte 2: Señalización Horizontal. Quito.

MTOP. (2002). Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. Quito.

Norma Ecuatoriana Vial- NEVI-12 - MTOP. (2013). Volumen N° 4: Manual de guía y criterios para estudios ambientales en obra de infraestructura del transporte terrestre. Quito.

Norma Ecuatoriana Vial- NEVI-12- MTOP. (2013). Volumen N° 2 Libro B: Norma para estudios y diseño vial. Quito.

Norma Ecuatoriana Vial- NEVI-12 -MTOP. (2013). Volumen N° 3: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. Quito.

Norma Ecuatoriana Vial- NEVI-12-MTOP. (2013). Volumen N° 2 Libro A: Norma para estudios y diseños viales. Quito.

Núñez del Arco, E. (2003). Geología del Ecuador. Guayaquil.

Palacios, C. (2014). Rehabilitación de la vía San Carlos-La Joya-Abdón Calderón. Balao.

Rodríguez, A. (2016). Puentes con AASTHO LRFD 2014 .

T.A.M.S.-ASTEC. (2003). Normas de diseño geométrico de carreteras y caminos vecinales.

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI. (2002).

TULSMA, LIBRO VI. (2003). Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental.