UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DEFINITIVO DE LAS VÍAS DE REPOSICIÓN PARA LOS EMBALSES AGUACATAL Y LECHUGAL 2 DEL PROYECTO "PACALORI"

Tesis Previa a la Obtención del Título de Ingeniero Civil

AUTOR:

JOHN SEBASTIÁN BOLAÑOS ABAD

DIRECTOR:

ING. JAIME ROLANDO GUZMÁN CRESPO

CUENCA – ECUADOR

Noviembre, 2015

RESUMEN

El proyecto PACALORI está conformado por trece presas, cuyos embalses afectarán a la red vial de la zona. Con el fin de determinar las vías afectadas por la cota del nivel de agua máxima (NAM) de los embalses producidos por las presas Aguacatal y Lechugal 2, se ha realizado una actualización del inventario vial de la zona. Una vez identificadas las vías afectadas, se analizó dicho inventario para determinar las vías de reposición requeridas, considerando que ninguna vivienda o zona afectada por los embalses, quede aislada de la red vial. De este análisis se han obtenido como resultado siete vías de reposición que han sido clasificadas como caminos vecinales, y que tienen una longitud total de 4.27 km.

Para las vías de reposición establecidas, se han realizado los diseños definitivos siguiendo las normativas vigentes en la República del Ecuador, y que están conformados por: estudios preliminares (geológico, geomorfológico, de tráfico, y de la subrasante), trazado de la línea de ceros, diseño geométrico (alineamiento horizontal y vertical), diseño del pavimento, diseño de estructuras de drenaje de arte menor, y análisis del movimiento de tierras. Finalmente, se determinaron las cantidades de obra y se realizó una estimación del costo de construcción aproximado para cada una de las siete vías de reposición.

Palabras clave: embalse, reposición vial, camino vecinal, línea de ceros, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, pavimento, estructuras de drenaje de arte menor, movimiento de tierras, presupuesto.

ABSTRACT

The PACALORI project consists of thirteen dams, whose reservoirs will affect the road network in the area. In order to determine the roads affected by the height of the maximum water level of the reservoir (NAM for its acronym in Spanish) produced by Aguacatal and Lechugal 2 dams, an update of the road inventory in the area has been made. Having identified the affected roads, the road inventory was analyzed in order to determine the replenishment roads required, considering that houses and areas affected by the dams will not remain isolated from the road network. Seven replenishment roads were found as a result of this analysis and these were classified as low-volume roads, with a total length of 4.27 km.

For the established replenishment roads, it has been made the final designs according to the current regulations of the Republic of Ecuador, and which are conformed by preliminary studies (geological, geomorphological, traffic, and subgrade), draw the zero line, geometric design (horizontal and vertical alignment), pavement design, minor drainage structures design, and earthwork analysis. Finally, the construction quantities were determined and it was estimated and approximate budget of construction for each one of the seven replenishment roads.

Keywords: reservoir, road replenishment, low-volume road, zero line, horizontal alignment, vertical alignment, pavement, minor drainage structures, earthwork, budget.

CONTENIDO

CONTENIDO 4
1. INTRODUCCIÓN 19
1.1. Antecedentes 19
1.2. Objetivo General 19
1.3. Objetivos Específicos 19
1.4. Alcance 20
1.5. Justificación 20
1.6. Ubicación del Proyecto 20
2. INVENTARIO VIAL 23
2.1. Clasificación de la Red Vial 23
2.2. Elementos del Inventario Vial 27
2.3. Análisis del Inventario Vial 27
2.4. Afectaciones debidas al Embalse de la Presa Aguacatal 29
2.5. Afectaciones debidas al Embalse de la Presa Lechugal 2 31
2.6. Reposición Vial 34
3. ESTUDIOS PRELIMINARES 38
3.1. Geología 38
3.1.1. Geología Regional 38
3.1.2. Geología Local 38
3.2. Geomorfología 40
3.2.1. Clasificación del Terreno 40
3.2.2. Forma de las Cuencas Hidrográficas 42
3.3. Estudio del Tráfico 46
3.4. Estudio de la Subrasante 47
3.4.1. Muestras de Suelo 47
3.4.2. Ensayos de Laboratorio 49
3.4.3. Clasificación de los Suelos 50
4. PARÁMETROS GENERALES DEL DISEÑO VIAL 51
4.1. Clasificación de las Vías 51
4.2. Vehículo de Diseño 52
4.3. Velocidad de Diseño 52
4.3.1. Relación con la Velocidad de Circulación 53

4.4. Secciones Transversales Típicas 54
4.4.1. Camino Vecinal Tipo 6 55
4.4.2. Camino Vecinal Tipo 4 55
4.5. Gradientes Longitudinales Máximas y Mínimas 57
5. ALINEAMIENTO HORIZONTAL 58
5.1. Línea de Ceros 58
5.1.1. Concepto 58
5.1.2. Trazado 58
5.2. Tangentes Horizontales 59
5.3. Curvas Circulares Simples 61
5.3.1. Elementos Geométricos 61
5.3.2. Expresiones que Relacionan los Elementos Geométricos 62
5.3.3. Grado de Curvatura 62
5.4. Estabilidad en Curvas Horizontales 63
5.4.1. Peralte 63
5.4.2. Coeficiente de Fricción Lateral 64
5.4.3. Radio Mínimo 65
5.4.4. Distribución del Peralte para un Rango de Curvas 66
5.5. Transición del Peralte 67
5.5.1. Gradiente Longitudinal Relativa *i* 68
5.5.2. Longitud de Aplanamiento *x* 68
5.5.3. Longitud de Transición L_{Tr} 68
5.6. Tangente Intermedia Mínima 69
5.7. Sobreancho 70
5.8. Trazado 71
6. ALINEAMIENTO VERTICAL 78
6.1. Distancia de Visibilidad 78
6.1.1. Distancia de Visibilidad de Parada 78
6.1.2. Distancia de Visibilidad de Adelantamiento 79
6.2. Tangentes Verticales 80
6.3. Curvas Verticales 80
6.3.1. Curvas Verticales Convexas 81
6.3.2. Curvas Verticales Cóncavas 82

6.4. Trazado 83
7. DISEÑO DEL PAVIMENTO 87
7.1. Análisis de Tráfico 87
7.1.1. Cargas Máximas Permitidas por Eje 87
7.1.2. Tráfico Mixto 87
7.2. CBR de Diseño 89
7.3. Diseño de la Estructura del Pavimento 90
7.3.1. Caminos Vecinales Tipo 6 91
7.3.2. Caminos Vecinales Tipo 4 91
8. DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE DRENAJE DE ARTE MENOR 93
8.1. Estudio Hidrológico Preliminar 93
8.1.1. Precipitación Máxima en 24 horas 93
8.1.2. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) 94
8.1.3. Tiempo de Concentración 95
8.2. Drenaje Longitudinal 95
8.2.1. Caudal Producido por las Áreas de Aporte 95
8.2.2. Caudal que Escurre de la Vía 97
8.2.3. Diseño de las Cunetas y Canales 99
8.3. Drenaje Transversal 102
8.3.1. Estimación de Caudales para Cuencas Hidrográficas 103
8.3.2. Consideraciones Técnicas 107
8.3.3. Ubicación de Alcantarillas 108
8.3.4. Hidráulica en Alcantarillas 110
8.3.5. Análisis de Estructuras existentes 114
8.3.6. Diseño Hidráulico de las Alcantarillas 115
8.3.7. Rampas de Descarga 120
9. MOVIMIENTO DE TIERRAS 122
9.1. Determinación de Volúmenes de Tierra 122
9.2. Compensación de Volúmenes 123
9.3. Diagrama de Masas 124
10. CANTIDADES Y PRESUPUESTO DE OBRA 127
10.1. Movimiento de Tierras 127

301-6.06 (2): Remoción de alcantarillas de tubería de drenaje (hormigón), m 127
302 (1): Desbroce, desbosque y limpieza, ha 127
303-4 (2): Excavación en suelo, m^3 127
304-6 (1): Excavación para estructuras, m^3 127
304-6 (2): Excavación para cunetas y encauzamientos, m^3 128
309-2 (2): Transporte de material de excavación (Transporte libre 500m), m^3-km 128
310 (1): Escombreras, m3 129
10.2. Estructura del Pavimento 129
401-3.4 (1): Estabilización de la subrasante con cal hidratada, m^3 129
403-1 (1): Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4), m^3 130
403-1 (2): Subbase (material seleccionado para caminos tipo 6), m^3 130
404-1: Base Clase 4, m^3 131
10.3. Estructuras 131
503 (2)1: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=280 kg/cm2), m^3 131
503 (2)2: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2), m^3 131
503 (3): Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2), m^3 132
504 (1): Acero de refuerzo en barras (f'y=4200 kg/cm2), kg 132
10.4. Instalación de Drenaje, Alcantarillado y Agua Potable 133
602 (2A)1: Tubería de acero corrugado (D=600 mm, e=2.00 mm), m 133
602 (2A)2: Tubería de acero corrugado (D=120000 mm, e=2.00 mm), m ... 133
10.5. Instalaciones para Control de Tránsito y Uso de la Zona del Camino 133
709-1: Señalización vertical (0.60 m x 1.20 m), u 133
10.6. Presupuesto 135
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 141
BIBLIOGRAFÍA 143
ANEXOS 144
ANEXO A 145
ANEXO B 163
B.1. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 91V_LCH2_1. 163

B.2. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 37V_LCH2_2. 163
B.3. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 40V_LCH2_1. 165
B.4. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 93V_LCH2_1. 166
B.5. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 126V_AGT_2. 166
B.6. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 101V_AGT_1. 167
ANEXO C 168
C.1. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 9T_LCH2_1. 168
C.2. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 37V_LCH2_2. 172
C.3. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 40V_LCH2_1. 175
C.4. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 91V_LCH2_1. 176
C.5. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 93V_LCH2_1. 177
C.6. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 101V_AGT_1. 178
C.7. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 126V_AGT_2. 180
ANEXO D 181
D.1. Humedad Natural (w) 181
D.2. Granulometría 181
D.3. Límite Líquido (LL) 182
D.4. Límite Plástico (PL) 183
D.5. Proctor Modificado 184
D.6. California Bearing Ratio (CBR) 187
ANEXO E 196
E.1. Sistema de Clasificación AASHTO 196
E.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) 197
ANEXO F 198
F.1. Factores de Equivalencia de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes Simples y p_t de 2.0. 198
ANEXO G 199
G.1. Porcentaje de lluvia caída en un tiempo t con relación al 100% caído en 24 horas. 199

G.2. Descripción de parámetros para la modelación de una cuenca con el programa HEC-HMS. 199
G.3. Determinación del Coeficiente de Escorrentía “C”. 200
G.4. Número de Curva de Escorrentía para Suelos Agrícolas, (condiciones antecedentes de humedad II, I_a = 0.2S). 201
ANEXO H 202
H.1. Diseño de las cunetas para las vías 40V_LCH2_1 y 91V_LCH2_1. 202
H.2. Diseño de las cunetas para las vías 93V_LCH2_1 y 37V_LCH2_2. 203
H.3. Diseño de las cunetas para las vías 101V_AGT_1 y 126V_AGT_2. 204
ANEXO I 205
I.1. Clasificación del tipo de flujo en una alcantarilla. 205
I.2. Coeficiente de pérdidas en la entrada. 206
I.3. Nomograma para el cálculo con control de entrada para alcantarillas rectangulares con entrada tipo ala. 207
I.4. Nomograma para el cálculo con control de entrada para alcantarillas rectangulares con entrada tipo ala y borde superior biselado en la entrada. 208
ANEXO J 209
J.1. Fotografía de la alcantarilla existente ubicada en la abscisa 0+988.50 de la vía 9T_LCH2_1. 209
J.2. Ortofotografía de una alcantarilla colapsada cerca de la vía 9T_LCH2_1. 209
ANEXO K 210
K.1. Movimiento de tierras en la vía 9T_LCH2_1. 210
K.2. Movimiento de tierras en la vía 37V_LCH2_2. 213
K.3. Movimiento de tierras en la vía 40V_LCH2_1. 215
K.4. Movimiento de tierras en la vía 91V_LCH2_1. 216
K.5. Movimiento de tierras en la vía 93V_LCH2_1. 216
K.6. Movimiento de tierras en la vía 101V_AGT_1. 217
K.7. Movimiento de tierras en la vía 126V_AGT_2. 219
ANEXO L 220
L.1. Dimensiones de la alcantarilla ALC-9T-2. 220
L.2. Dimensiones de la alcantarilla ALC-9T-4. 221
L.3. Dimensiones de la estructura de entrada tipo caja para alcantarillas circulares de 1200 mm. 222

L.4. Dimensiones de la estructura de entrada y salida tipo ala para alcantarillas circulares de 1200 mm..... 223
ANEXO M 224
M.1. Análisis de precios unitarios para la vía 9T_LCH2_1..... 224
M.2. Análisis de precios unitarios para la vía 37V_LCH2_2. 241
M.3. Análisis de precios unitarios para la vía 40V_LCH2_1. 245
M.4. Análisis de precios unitarios para la vía 91V_LCH2_1. 248
M.5. Análisis de precios unitarios para la vía 93V_LCH2_1. 251
M.6. Análisis de precios unitarios para la vía 101V_AGT_1. 254
M.7. Análisis de precios unitarios para la vía 126V_AGT_2. 257
ANEXO N..... 260
N.1. Vía 9T_LCH2_1 (0+000.00 - 1+000.00): Alineamiento horizontal y vertical. 261
N.2. Vía 9T_LCH2_1 (1+000.00 – 1+521.31): Alineamiento horizontal y vertical. 262
N.3. Vía 9T_LCH2_1 (0+000.00 - 0+860.00): Secciones transversales. 263
N.4. Vía 9T_LCH2_1 (0+880.00 - 1+521.31): Secciones transversales. 264
N.5. Vía 37V_LCH2_2: Alineamiento horizontal y vertical. 265
N.6. Vía 37V_LCH2_2: Secciones transversales..... 266
N.7. Vía 40V_LCH2_1: Alineamiento horizontal y vertical. 267
N.8. Vía 40V_LCH2_1: Secciones transversales..... 268
N.9. Vías 91V_LCH2_1, 93V_LCH2_1 y 126V_AGT_2: Alineamiento horizontal y vertical..... 269
N.10. Vías 91V_LCH2_1, 93V_LCH2_1 y 126V_AGT_2: Secciones transversales. 270
N.11. Vía 101V_AGT_1: Alineamiento horizontal y vertical. 271
N.12. Vía 101V_AGT_1: Secciones transversales. 272

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1-1: Ubicación del área de estudio dentro del proyecto PACALORI. .. 22
Ilustración 2-1: Ortofotografía sin archivo shapefile del inventario vial. 24
Ilustración 2-2: Ortofotografía con el archivo shapefile del inventario vial. 25
Ilustración 2-3: Vía terciaria y caminos vecinales de primer y segundo orden. 25
Ilustración 2-4: Mapa del inventario vial. 26
Ilustración 2-5: Afectaciones producidas por el embalse Aguacatal..... 30

Ilustración 2-6: Afectaciones producidas por el embalse Lechugal 2. 32
Ilustración 2-7: Vías de reposición para el embalse Aguacatal. 36
Ilustración 2-8: Vías de reposición para el embalse Lechugal 2. 37
Ilustración 3-1: Geología del área de estudio. 39
Ilustración 3-2: Mapa de pendientes del área de estudio. 41
Ilustración 3-3: Mapa de pendientes para la vía de reposición 37V_LCH2_2. 42
Ilustración 3-4: Cuencas hidrográficas Aguacatal y Lechugal 2. 45
Ilustración 3-5: Comparación en el trazado del parte aguas. 46
Ilustración 3-6: Excavación de las calicatas. 48
Ilustración 3-7: Muestras de suelo. 48
Ilustración 4-1: Sección transversal mixta para caminos vecinales tipo 6. 55
Ilustración 4-2: Sección transversal mixta para caminos vecinales tipo 4. 56
Ilustración 4-3: Ensanchamientos en caminos de un carril. 56
Ilustración 5-1: Trazado de la línea de ceros y tangentes del alineamiento horizontal para la vía 9T_LCH2_1. 60
Ilustración 5-2: Elementos geométricos de una curva circular simple. 62
Ilustración 5-3: Radios mínimos para diferentes velocidades de diseño. 65
Ilustración 5-4: Etapas de la sección transversal en la transición del peralte. 67
Ilustración 5-5: Diagrama de transición del peralte en una curva circular. 69
Ilustración 6-1: Elementos de la curva vertical simétrica. 80
Ilustración 6-2: Trazado de las tangentes del alineamiento vertical para el tramo 1 de la vía 9T_LCH2_1. 83
Ilustración 7-1: Estructura del pavimento para caminos vecinales tipo 6. 91
Ilustración 7-2: Estructura del pavimento para caminos vecinales tipo 4. 91
Ilustración 7-3: Curvas de diseño para caminos vecinales tipo 6. 92
Ilustración 7-4: Curvas de diseño para caminos tipo 4 y 5. 92
Ilustración 8-1: Sección de la cuneta para las vías de reposición. 99
Ilustración 8-2: Canal trapezoidal para la vía 9T_LCH2_1. 100
Ilustración 8-3: Hidrogramas de diseño para las cuencas "Cuenca SN" y "Estero La Muralla". 107
Ilustración 8-4: Alcantarilla tipo CA (cajón-ala). 109
Ilustración 8-5: Energía en flujo a sección llena (EGL) y líneas de altura hidráulica (HGL) [36] 113
Ilustración 8-6: Secciones transversales de las alcantarillas ALC-9T-2 y ALC-9T-4. 120
Ilustración 8-7: Sección transversal de la rampa de descarga. 120
Ilustración 8-8: Perfil de la rampa de descarga ubicada en la abscisa 1+110.00 en la vía 9T_LCH2_1. 121
Ilustración 9-1: Curva de masa para la vía 9T_LCH2_1. 124
Ilustración 9-2: Curva de masa para la vía 37V_LCH2_2. 125
Ilustración 9-3: Curva de masa para la vía 40V_LCH2_1. 125
Ilustración 9-4: Curva de masa para la vía 91V_LCH2_1. 125
Ilustración 9-5: Curva de masa para la vía 93V_LCH2_1. 126

Ilustración 9-6: Curva de masa para la vía 101V_AGT_1. 126
Ilustración 9-7: Curva de masa para la vía 126V_AGT_2. 126

Índice de Tablas

Tabla 2-1: Resumen del Inventario vial Aguacatal y Lechugal 2 28
Tabla 2-2: Longitudes de vías afectadas por el embalse Aguacatal. 29
Tabla 2-3: Longitudes de vías afectadas por el embalse Lechugal 2. 33
Tabla 2-4: Puentes Afectados por el Embalse Lechugal 2. 34
Tabla 2-5: Ubicación y longitud estimada de las vías de reposición. 35
Tabla 3-1: Clasificación de las pendientes del terreno. 40
Tabla 3-2: Parámetros morfométricos de las cuencas hidrográficas Aguacatal y Lechugal 2. 44
Tabla 3-3: Tasas de crecimiento vehicular en la provincia de Los Ríos. 47
Tabla 3-4: Proyección del TPDA, estación E2: vía la Templanza – Puerto Pechiche. 47
Tabla 3-5: Ubicación de las calicatas. 48
Tabla 3-6: Resultados del ensayo Proctor modificado, CBR, y consistencia del suelo. 50
Tabla 4-1: Relación entre función, clase y tráfico. 51
Tabla 4-2: Subclasificación de caminos vecinales. 51
Tabla 4-3: Clasificación y características de las vías de reposición. 52
Tabla 4-4: Dimensiones del vehículo de diseño [17]. 52
Tabla 4-5: Velocidad de diseño en función del TPDA y el tipo de terreno. 53
Tabla 4-6: Relación entre velocidad de circulación y velocidad de diseño. 54
Tabla 4-7: Gradientes (pendientes) longitudinales máximas en porcentaje. 57
Tabla 5-1: Peraltes máximos, coeficientes de fricción máximos y radios mínimos para caminos vecinales en función de la velocidad de diseño. 65
Tabla 5-2: Gradientes longitudinales relativas máximas. 68
Tabla 5-3: Peralte, longitud de transición y sobreancho para diferentes radios en caminos vecinales tipo 6 y tipo 4. 71
Tabla 5-4: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 9T_LCH2_1. 72
Tabla 5-5: Transición del Peralte – Vía 9T_LCH2_1. 73
Tabla 5-6: Diseño del Alineamiento Horizontal – Vía 37V_LCH2_2. 75
Tabla 5-7: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 40V_LCH2_1 75
Tabla 5-8: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 91V_LCH2_1 76
Tabla 5-9: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 93V_LCH2_1 76
Tabla 5-10: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 101V_AGT_1. 77
Tabla 5-11: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 126V_AGT_2. 77
Tabla 6-1: Mínima distancia de visibilidad de parada (MDVP). 79
Tabla 6-2: Parámetros de diseño para curvas verticales. 82
Tabla 6-3: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 9T_LCH2_1. 84

Tabla 6-4: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 37V_LCH2_2. 84
Tabla 6-5: Principales componentes del alineamiento vertical – Vía 40V_LCH2_1. 84
Tabla 6-6: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 91V_LCH2_1. 85
Tabla 6-7: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 93V_LCH2_1. 85
Tabla 6-8: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 101V_AGT_1. 85
Tabla 6-9: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 126V_AGT_2 85
Tabla 6-10: Resumen del proyecto del alineamiento vertical – Vía 9T_LCH2_1.. 86
Tabla 7-1: Distribución y factores de equivalencia de carga (SN = 2, p_t = 2). 88
Tabla 7-2: Factores de tráfico mixto (M). 89
Tabla 7-3: CBR para el 95% de la densidad seca máxima. 90
Tabla 8-1: Intensidades máximas diarias para distintos periodos de retorno (TR). 93
Tabla 8-2: Ecuaciones de intensidad máxima para la zona 30. 94
Tabla 8-3: Ecuaciones de intensidad rectificadas. 94
Tabla 8-4: Cálculo de los caudales máximos producidos por las áreas de aporte – Vía 9T_LCH2_1. 97
Tabla 8-5: Cálculo del caudal máximo producido por el área de aporte hacia el canal ubicado entre las abscisas 0+794.00 y 0+909.00. 97
Tabla 8-6: Cálculo de los caudales máximos producido por el escurrimiento en la calzada - Vía 9T_LCH2_1. 98
Tabla 8-7: Valores máximos de velocidades no erosivas en cunetas [18]. 101
Tabla 8-8: Caudal total y características del flujo para el canal ubicado entre las abscisas 0+794.00 y 0+909.00 en la vía 9T_LCH2_1. 101
Tabla 8-9: Caudal total y características del flujo en las cunetas - Vía 9T_LCH2_1. 102
Tabla 8-10: Parámetros morfométricos de las cuencas hidrográficas. 103
Tabla 8-11: Tiempos de concentración y retardo para las cuencas hidrográficas. 106
Tabla 8-12: Hietogramas de la estación Pichilingue con duraciones de 2 y 3 horas, para una precipitación máxima de 163.2 mm 106
Tabla 8-13: Parámetros utilizados en la modelación hidrológica con el programa HEC-HMS 107
Tabla 8-14: Ubicación, tipo (entrada y salida), y caudales de diseño para las alcantarillas de las vías de reposición. 109
Tabla 8-15: Factores que influencian el diseño de la alcantarilla. 112
Tabla 8-16: Características geométricas y parámetros del flujo en las alcantarillas circulares del proyecto. 115

Tabla 8-17: Diseño hidráulico para la alcantarilla tipo cajón ALC-9T-2. 118
Tabla 8-18: Diseño hidráulico para la alcantarilla tipo doble cajón ALC-9T-4. ... 119
Tabla 8-19: Características de las alcantarillas ALC-9T-2 y ALC-9T-4. 120
Tabla 8-20: Localización, longitud y caudales de las rampas de descarga. 121
Tabla 9-1: Factores de conversión de suelos para cambios de volumen. 123
Tabla 9-2: Resumen del Movimiento de tierras para las siete vías de reposición. 124
Tabla 10-1: Volúmenes de excavación calculados para alcantarillas – Vía 9T_LCH2_1. 128
Tabla 10-2: Requerimientos para la subbase clase 2. 130
Tabla 10-3: Requerimientos para la subbase (material seleccionado). 130
Tabla 10-4: Requerimientos para la base clase 4. 131
Tabla 10-5: Cantidades de obra por vía. 134
Tabla 10-6: Presupuesto para la vía 9T_LCH2_1 135
Tabla 10-7: Presupuesto para la vía 37V_LCH2_2 136
Tabla 10-8: Presupuesto para la vía 40V_LCH2_1 137
Tabla 10-9: Presupuesto para la vía 91V_LCH2_1 137
Tabla 10-10: Presupuesto para la vía 93V_LCH2_1 138
Tabla 10-11: Presupuesto para la vía 101V_AGT_1 139
Tabla 10-12: Presupuesto para la vía 126V_AGT_2 140

Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, John Sebastián Bolaños Abad, autor de la tesis "**DISEÑO DEFINITIVO DE LAS VÍAS DE REPOSICIÓN PARA LOS EMBALSES AGUACATAL Y LECHUGAL 2 DEL PROYECTO "PACALORI"** ", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 23 de octubre de 2015



John Sebastián Bolaños Abad

C.I: 171314083-6

Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, John Sebastián Bolaños Abad, autor de la tesis "**DISEÑO DEFINITIVO DE LAS VÍAS DE REPOSICIÓN PARA LOS EMBALSES AGUACATAL Y LECHUGAL 2 DEL PROYECTO "PACALORI"** ", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 23 de octubre de 2015



John Sebastián Bolaños Abad

C.I: 171314083-6

DEDICATORIA

A mis padres Vinicio y Jackeline, por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.

A mis hermanos, familiares, y amigos que día a día me brindan su tiempo y cariño.

A mi hermano menor Juan Manuel, quien sigue mis pasos y a la vez me inspira para ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis familiares y amigos por todo su apoyo.

Al PROMAS y su director el Ing. Felipe Cisneros, por su apoyo económico y logístico.

Al Ing. Jaime Guzmán por el aporte de su tiempo y conocimientos, que hicieron posible la realización de este proyecto.

Finalmente, a todo el equipo de trabajo de vías del PROMAS, quienes siempre me brindaron su ayuda para poder realizar en este proyecto.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La provincia de Los Ríos, caracterizada por su actividad agrícola y pecuaria, padece año tras año de grandes inundaciones y sequias, esto debido al desequilibrio natural existente en la distribución espacial y temporal de la precipitación anual en la zona, teniendo un 80% de la misma entre los meses de enero hasta mayo. Con el objetivo de controlar las crecientes, y a la vez aprovechar el recurso hídrico con fines agrícolas en épocas de estiaje, la Secretaria Nacional del Agua "SENAGUA", encargada del manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos en la República del Ecuador, ha emprendido la ejecución del PLAN DE APROVECHAMIENTO Y CONTROL DE AGUA EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS "PACALORI"; cuyos diseños definitivos son realizados por el Programa para el Manejo del Agua y Suelo "PROMAS" de la Universidad de Cuenca.

El proyecto PACALORI está conformado por 13 presas de tierra, con trasvases de agua desde los ríos Quevedo y Calabí, pertenecientes a la cuenca hidrográfica del río Guayas. Los embalses generados por el proyecto tendrán un volumen total de almacenamiento de 840.5x10^6 m^3, que abastecerán con suficiente agua para riego a aproximadamente 103835 ha agrícolas, beneficiando a más de 100000 personas.

Entre las etapas de factibilidad y diseños definitivos, se realizaron estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, estructurales y viales para los dos trasvases, generando una gran cantidad de información técnica y herramientas como un Modelo Digital del Terreno (MDT) de tamaño de celda de 1m, ortofotografías a escala 1:1000 y un inventario vial de toda el área del proyecto. La información y herramientas disponibles serán de utilidad para la realización de varios estudios que no están contemplados dentro de los Términos de Referencia (TDRs) del proyecto PACALORI, entre los cuales está la reposición vial de los tramos de caminos afectados por la cota de los embalses.

1.2. Objetivo General

Realizar el diseño definitivo de las vías que conectan a la red vial, las zonas afectadas por la cota del nivel de agua máxima (NAM) de los embalses producidos por las presas Aguacatal y Lechugal 2, correspondientes al Trasvase Calabí del proyecto "PACALORI".

1.3. Objetivos Específicos

- Actualizar el inventario vial del área de estudio.
- Identificar las vías afectadas por la cota del nivel de agua máxima de los embalses, y definir las vías necesarias para la reposición vial de la zona.
- Recopilar información para el estudio geológico, hidrológico e hidráulico de las vías.

- Analizar los parámetros y definir los valores de diseño que intervienen en el diseño geométrico de las vías.
- Diseñar los alineamientos horizontales y verticales de las vías.
- Analizar muestras de suelo de la zona para determinar sus propiedades físicas.
- Diseñar la estructura del pavimento.
- Diseñar las obras de drenaje de arte menor de las vías.
- Calcular los volúmenes del movimiento de tierras.
- Determinar las cantidades de obra y el presupuesto referencial del proyecto.

1.4. Alcance

Se realizará la actualización del inventario vial de la zona correspondiente a los dos embalses, para conocer los tramos de vías afectadas por los mismos y así poder determinar cuáles son las vías de reposición necesarias y de las que se realizarán los diseños definitivos.

De acuerdo a la Normativa Ecuatoriana Vial NEVI-12 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP, dentro de la etapa de diseño definitivo se realizarán "…estudios de ingeniería de detalle que permitirán la definición cabal de todos los elementos y aspectos que involucra el proyecto para proceder a la materialización de sus obras". Estos estudios básicamente son: geomorfológicos, climatológicos, hidrológicos, de tráfico, geotécnicos, diseño de la estructura del pavimento, diseños geométricos horizontal y vertical, estudios y diseños de drenaje, ubicación de canteras, movimiento de tierras y presupuestos de obra.

1.5. Justificación

El proyecto PACALORI también generará impactos, entre los cuales están las afectaciones a la red vial que se encuentre por debajo de la cota del nivel de agua máxima (NAM) de los respectivos embalses. Sin embargo, la infraestructura vial es únicamente un complemento del proyecto; por sí sola, no es determinante, por lo que dentro de los diseños definitivos, no está contemplada la reposición vial, sino solamente las vías de acceso a las principales obras del proyecto.

A pesar de no estar dentro de los TDRs del proyecto, conocer la reposición vial necesaria y sus costos es de vital importancia, no solamente por parte del proyecto PACALORI, sino también por los habitantes de la zona y sus Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs). Por esta razón se realiza el presente tema que cuenta con el apoyo del proyecto PACALORI, para la recopilación de datos y muestras necesarias, además de suministrar la información y herramientas disponibles.

1.6. Ubicación del Proyecto

El proyecto PACALORI se encuentra ubicado en la cuenca media del río Guayas que atraviesa la provincia de Los Ríos, que se encuentra en la zona oriental de la región costa de la República del Ecuador. Está formado por los ríos Calabí, que al

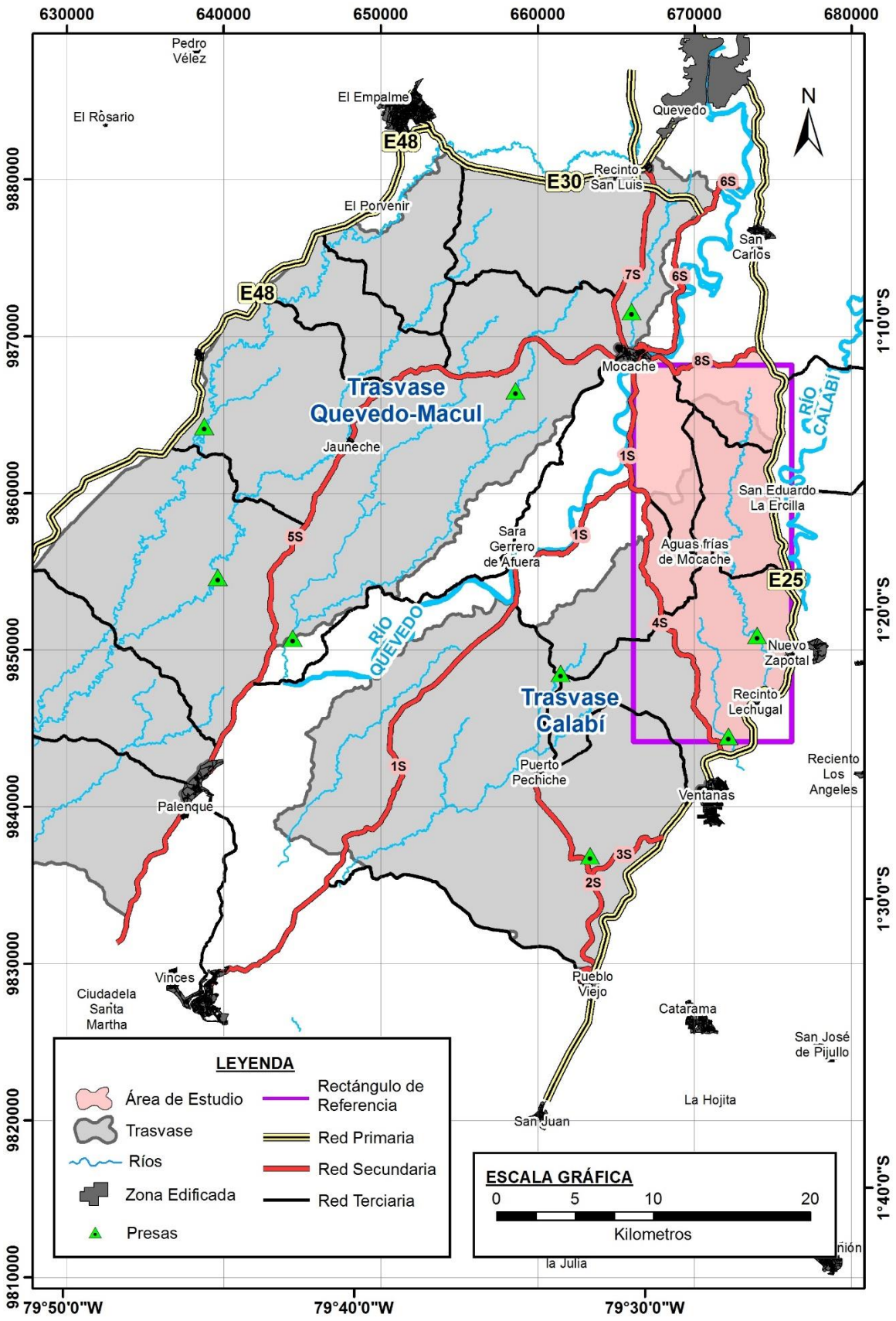
sur del cantón Ventanas toma el nombre de Catarama, Quevedo y Macul; que cubren un área de 151969 ha [1]. Como se puede apreciar en la Ilustración 1-1, el proyecto está limitado: al este por la vía E25 que es el acceso principal al área de estudio y que une los cantones Pueblo Viejo, Ventanas y Quevedo, al oeste por la vía E48, y al norte por la vía E30.

La zona de estudio del presente tema, se encuentra en la parte este del proyecto PACALORI, como se muestra en la Ilustración 1-1. Está limitada al este por la vía E25, al sur por la unión de la vía E25 y la vía “4S”, (denominación asignada dentro del proyecto PACALORI); al oeste también por la vía 4S hasta la unión con la vía Vinces-Mocache, la cual continua siendo el límite oeste hasta llegar al cantón Mocache; y finalmente al norte por la vía que une el cantón Mocache con la vía E25, esta vía dentro del proyecto recibe la denominación “8S”. El área de estudio definida por estas vías es de 189 km^2.

Las coordenadas UTM WGS84 zona 17S: 666109E 9868172N y 676177E 9844166N, forman un rectángulo que aproximadamente ubica la zona de estudio, y que se muestra con morado en la Ilustración 1-1.El sistema de coordenadas UTM WGS84 será el utilizado para georreferenciar los diferentes elementos en este proyecto.

En la siguiente Ilustración se muestran los dos trasvases (Quevedo-Macul y Calabí) que conforman el proyecto PACALORI, la zona de estudio del presente tema, ríos importantes, poblados y ciudades, y la red vial principal.

Ilustración 1-1: Ubicación del área de estudio dentro del proyecto PACALORI.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2015). *Cartografía Básica.*

2. INVENTARIO VIAL

En el proyecto PACALORI se realizó un inventario vial, disponible en formato Shapefile (SHP), con el objetivo de conocer la red vial existente en toda el área del proyecto, para así poder realizar los diseños de las vías que se requieren; y también, para conocer las vías que serán afectadas por la cota de NAM de los embalses.

Utilizando el software ArcGIS 10.1, el inventario vial existente, y ortofotografías actualizadas (escala 1:1000) proporcionadas por el proyecto PACALORI; se realizó el trazado, corrección e identificación de las vías correspondientes al área de estudio de los embalses Aguacatal y Lechugal 2. En la elaboración inicial del inventario se contaba con ortofotografías de menor calidad, y se enfocó en el trazado e identificación de las vías de mayor importancia; esto produjo la omisión del trazo en algunas vías de menor importancia, y el trazo erróneo en otras, por lo que el inventario inicial no era apropiado para un análisis profundo de las vías afectadas.

2.1. Clasificación de la Red Vial

Según acuerdo ministerial del Ministerio de Obras Públicas, actual Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), Registro oficial No. 215 del 26 de junio de 1985[2]; La clasificación de la red vial nacional de la República del Ecuador está determinada y numerada en caminos primarios, secundarios, terciarios y vecinales. Esta clasificación se realiza bajo criterios de tráfico y funcionalidad; es decir, si enlaza cabeceras provinciales, cantonales, parroquiales o comunales[3].

- Red Primaria (Interprovincial)-RP
- Red Secundaria (Intercantonal)-RS
- Red Terciaria (Interparroquial)-RT
- Red Vecinal-RV

Esta clasificación fue la utilizada en la realización del inventario vial descrito en el informe principal del proyecto PACALORI [4]. En el mismo informe se detallan los criterios utilizados para realizar dicha clasificación. Para que exista una compatibilidad entre el inventario vial existente y las vías actualizadas en el presente proyecto, se utilizarán los mismos criterios para la clasificación.

En el informe principal del proyecto PACALORI, para la red vecinal se he realizado una subclasificación de los mismos, la cual subdivide en caminos vecinales de primer orden y caminos vecinales de segundo orden.

Además de los caminos vecinales primer y segundo orden, existen caminos utilizados para ingresar hasta el punto de recolección del cultivo, siendo muchos de estos “temporales”, ya que desaparecen con la época de siembra, y se forman nuevos con la siguiente cosecha. En el presente proyecto, también se han

considerado dichos caminos y se los registrada como caminos vecinales temporales, pertenecientes a la Red Vecinal.

Estas subclasificaciones solamente se tomaran en cuenta en la edición del archivo digital en formato shapefile; para la identificación de las vías, todas serán consideradas como caminos vecinales.

En la ortofotografía de la Ilustración 2-1 se pueden apreciar varios tipos de vías, a los cuales se les ha aplicado el sistema de clasificación antes mencionado, teniendo como un resultado como el mostrado en la Ilustración 2-2.

Ilustración 2-1: Ortofotografía sin archivo shapefile del inventario vial.



Otro factor que influye en la clasificación de las vías es el ancho de la calzada y la superficie de rodadura. Los caminos de la red terciaria tienen un ancho de calzada mayor (6 m aprox.) que los caminos vecinales de primer y segundo orden (4 m aprox.).

Las vías de la red terciaria y los caminos vecinales de primer orden, cuentan con una superficie de rodadura granular, que en las ortofotografías muestra un color claro; mientras que los caminos vecinales de segundo orden y temporales solamente cuentan con una superficie de rodadura de tierra, que en las ortofotografías tienen un color marrón.

En las visitas de campo realizadas, se tomaron fotografías de los diferentes tipos de vías de orden menor, en los que claramente se pueden diferenciar su capa de rodadura; estas fotografías se muestran en la Ilustración 2-3.

.

Ilustración 2-2: Ortofotografía con el archivo shapefile del inventario vial.

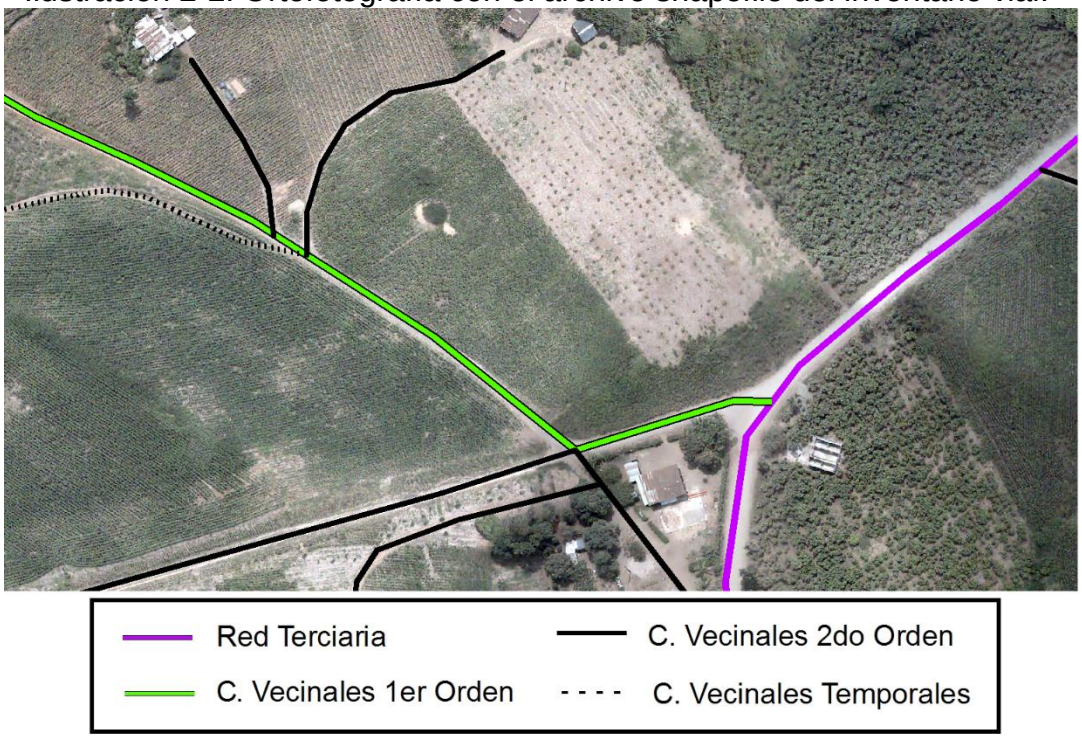
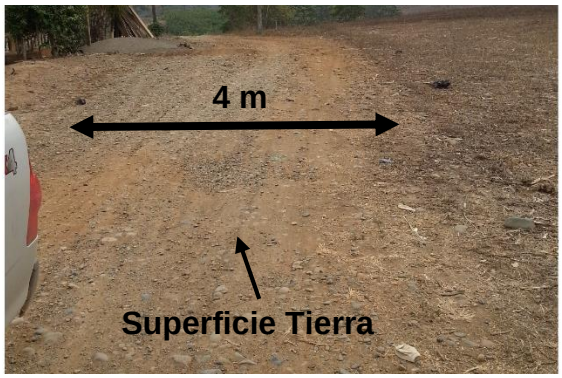


Ilustración 2-3: Vía terciaria y caminos vecinales de primer y segundo orden.

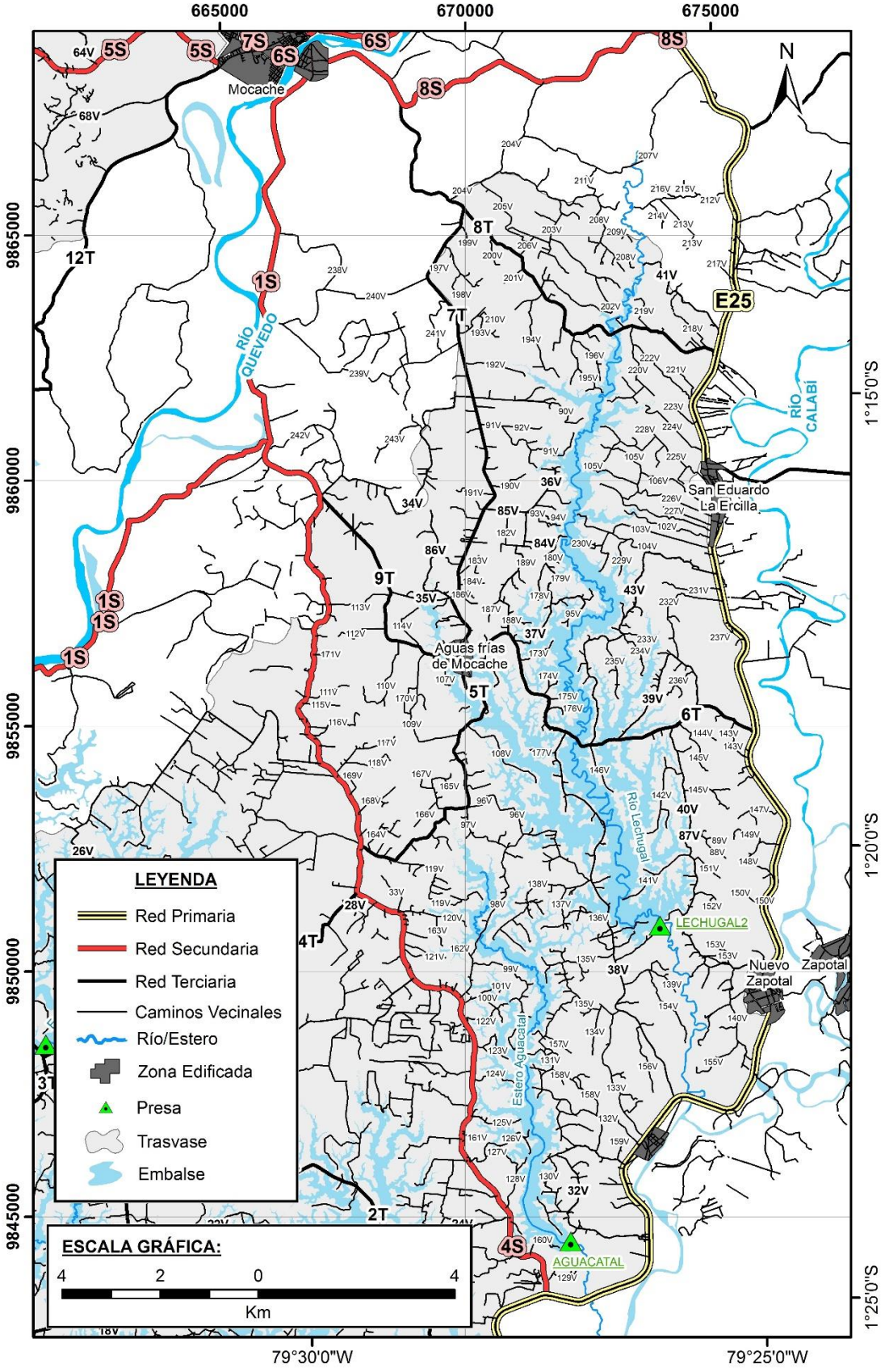


Vía Terciaria **Camino Vecinal de Primer Orden**



Camino Vecinal de Segundo Orden

Ilustración 2-4: Mapa del inventario vial.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2015). *Cartografía Básica.*

2.2. Elementos del Inventario Vial

Al igual que para la clasificación de la red vial, los elementos del inventario vial serán los mismos que se describen en el informe principal del proyecto PACALORI. Los componentes del inventario vial actualizado son: Código de la vía (Id), coordenadas UTM de inicio y fin de la vía, nombre de la vía, tramo, localización, clasificación, tipo de superficie de rodadura, estado de la vía, espaldón (m), ancho de la calzada (m), afectación.

Para la actualización de este inventario vial no se recorrieron todas las vías de menor importancia debido a su gran extensión, por lo que no se ha realizado una evaluación del estado de estas vías. Para las vías afectadas por los embalses, se realizó un inventario de los tramos afectados en ellas. Este inventario consta de los siguientes componentes:

a) Código de la afectación (Id): Se utiliza el mismo código de asignado en el inventario general, seguido de las iniciales del embalse que lo afecta, y del número de afectación en esa vía. Por ejemplo en la vía 37V, que se ve afectada en dos tramos por el embalse Lechugal 2, la denominación del segundo tramo sería: 37V_LCH2_2.
b) Coordenadas UTM de inicio y fin de los tramos afectados.
c) Nombre de la vía afectada: en el caso de no tener un nombre oficial, se utiliza como referencia el tramo determinado en el inventario anterior.
d) Longitud (m): Determina la longitud afectada por el embalse.
e) Embalse: Nombre del embalse que afecta la vía.

Utilizando las ortofotografías, también se realizó la actualización del inventario de los puentes que resultan afectados por la cota de NAM de los embalses Aguacatal y Lechugal 2. Los elementos de este inventario son: Coordenadas UTM, código (Id) de la afectación, luz del puente (m), ancho de la calzada (m), nombre del embalse que afecta la estructura.

Ya que existe un gran número de caminos vecinales de segundo orden, solamente se les ha asignado un código a los que tienen mayor importancia dentro de la red vial de la zona; para los demás únicamente se ha realizado su trazado con el objetivo de conocer su extensión, sin que estos tengan una identificación asignada. También los caminos para ingresar a las zonas de recolección de los cultivos, han sido solamente trazados sin que se les asigne una identificación; con la diferencia que estos no se mostraran en los mapas.

2.3. Análisis del Inventario Vial

En este inventario nos enfocamos en las vías de menor orden cercanas a los embalses, debido a que ninguna vía importante atraviesa el área de estudio; es decir, la red primaria y secundaria no se ve afectada por los embalses Aguacatal y Lechugal 2.

En la Ilustración 2-4 se observa que en la zona de estudio existen 5 vías que pertenecen a la red terciaria. Todas tienen una capa de rodadura de lastre, con un ancho de calzada de 6m, y suman una longitud total de 40.07 Km. Cuatro de las cinco vías terciarias son accesos hacia Aguas Frías de Mocache, que es la población más representante en el área y que queda prácticamente en el centro de la zona de estudio. Las cuatro vías terciarias son accesos norte, sur, este y oeste hacia Aguas Frías de Mocache; además, la vía 6T es una de las más importantes, ya que une esta población con la E25, y junto con la vía 9T dividen prácticamente la zona de estudio en dos partes (superior e inferior).

Los caminos de la red vecinal tienen un ancho de calzada de alrededor de 4 metros y una capa de rodadura de lastre o tierra. Se tienen 661.78 km de caminos vecinales en la zona, que de acuerdo a la clasificación utilizada en este proyecto, 52.76 km corresponden a caminos vecinales de primer orden, 350.14 km a los caminos vecinales de segundo orden y 258.88 km a los caminos utilizados para ingresar a la zona de recolección de cultivo. De los 661.78 km de caminos vecinales, 275.22 km tienen identificación dentro de la red vial, el resto solamente ha sido trazado sin ser asignado una identificación.

Tabla 2-1: Resumen del Inventario vial Aguacatal y Lechugal 2

Id	Inicio /Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Long. (km)	Capa de Rodadura	Estado	Ancho Calzada (m)
1P	Inicio	671579	9843396	4S-8S	31.46	Asfalto Flexible	Bueno	8
	Fin	674257	9869005					
1S	Inicio	666885	9868585	4S-Mocache	8.68	Asfalto Flexible	Bueno	7
	Fin	666005	9860765					
4S	Inicio	671579	9843397	Ventanas-Vía Vinces Mocache	21.52	Asfalto Flexible	Bueno	7
	Fin	666005	9860765					
8S	Inicio	666885	9868585	Mocache-E25	8.87	Asfalto Flexible	Bueno	7
	Fin	674257	9869005					
5T	Inicio	667867	9852554	Aguas Frías de Mocache-El Moral	6.54	Lastre	Regular	6
	Fin	669902	9856353					
6T	Inicio	675917	9854857	Aguas Frías de Mocache-E25	8.32	Lastre	Regular	6
	Fin	669826	9856487					
7T	Inicio	668664	9867768	Mocache-Aguas Frías de Mocache	13.23	Lastre	Regular	6
	Fin	669872	9856533					
8T	Inicio	675118	9862585	Bijagual(7T)-E25	7.06	Lastre	Regular	6
	Fin	669968	9865551					
9T	Inicio	667046	9859692	Aguas Frías de Mocache-La Franco	4.93	Lastre	Regular	6
	Fin	669714	9856528					

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

En la Tabla 2-1 se presenta un resumen de las principales vías inventariadas correspondientes a los embalses Aguacatal y Lechugal 2; una tabla completa y más detallada del inventario vial de la zona, se encuentra en el Anexo A. En la Ilustración 2-4 constan las vías inventariadas, con su respectivo código de identificación (Id).

2.4. Afectaciones debidas al Embalse de la Presa Aguacatal

La cota del NAM de este embalse, que es de 40.78 m s. n. m. y cuyo volumen es de 20’022.316 m^3 [4], las afectaciones a la red vial se muestran en la Ilustración 2-5; las longitudes y coordenadas de las mismas se presentan en la Tabla 2-2. La longitud total de vías afectadas por este embalse es de 1.05 km, siendo todas caminos vecinales de segundo orden. La vía 98V es la única que une los márgenes derecho e izquierdo del Estero Aguacatal, principal cauce del embalse; esta vía no posee puente sino una alcantarilla tipo cajón, por lo que no hay afectaciones a puentes por parte de este embalse.

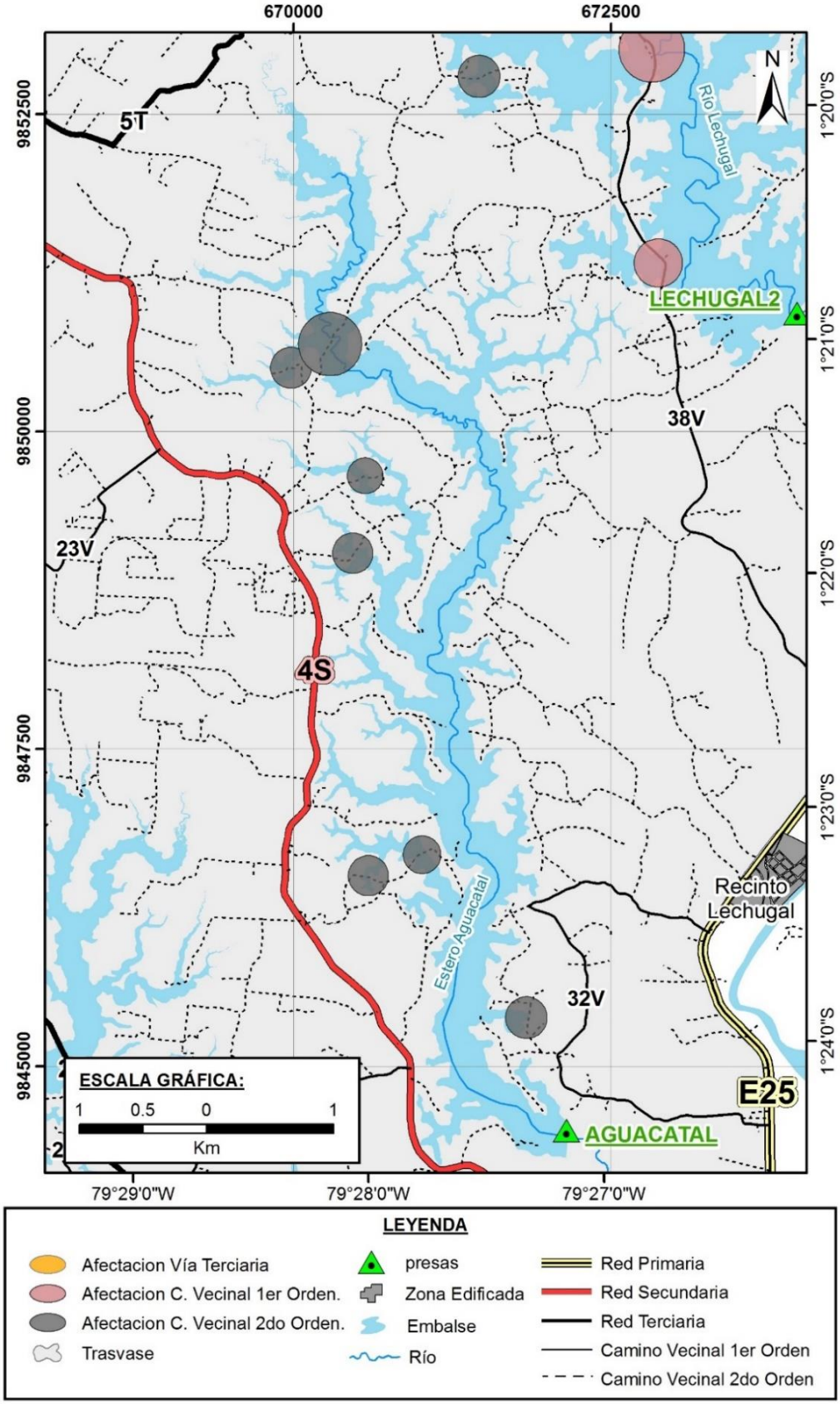
La mayoría de afectaciones en este embalse son de menor importancia para la red vial; y las vías afectadas son ramales que conectan las vías principales, con la población y áreas de cultivo que están distribuidas cerca del Estero Aguacatal. La mayoría de los caminos vecinales y casas están ubicados en zonas elevadas, esto debido a la morfología de la zona, que en época de lluvias inunda las partes bajas. Otra razón por la cual existen pocas vías que atraviesan el embalse de un margen a otro, es debido a la forma alargada de la cuenca hidrográfica del mismo. Esto provoca que los asentamientos del margen derecho del Estero Lechugal utilicen caminos vecinales cortos para conectarse con la vía 4S; y los del margen izquierdo, caminos vecinales cortos para llegar a la vía E25.

Tabla 2-2: Longitudes de vías afectadas por el embalse Aguacatal.

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Nombre/Tramo	Longitud (m)
98V_AGT_1	Inicio	670219	9850476	96V-El Volcán-99V	502
	Fin	670416	9850900		
101V_AGT_1	Inicio	670509	9849620	100V-zona poblada y cultivos	96
	Fin	670592	9849636		
122V_AGT_1	Inicio	670459	9849021	Aguas Frías-zona poblada y cultivos	75
	Fin	670503	9849081		
126V_AGT_1	Inicio	670537	9846499	4S-zona de cultivos	61
	Fin	670596	9846489		
126V_AGT_2	Inicio	671040	9846695	4S-zona de cultivos	109
	Fin	670951	9846634		
130V_AGT_1	Inicio	671859	9845443	4S-zona de cultivos	133
	Fin	671841	9845312		
162V_AGT_1	Inicio	669938	9850487	98V-zona de cultivo	76
	Fin	670005	9850497		

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ilustración 2-5: Afectaciones producidas por el embalse Aguacatal.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2015). *Cartografía Básica.*

2.5. Afectaciones debidas al Embalse de la Presa Lechugal 2

Las afectaciones producidas por la cota del NAM de este embalse, que es de 31.76 m s. n. m. y cuyo volumen es de 79’151.435 m^3 [4],se muestran en la Ilustración 2-6; las longitudes y coordenadas de las mismas se presentan en la Tabla 2-3. La longitud total de vías afectadas por este embalse es de 3.79 km, siendo 1.50 km afectados de la red terciaria, 1.22 km de caminos vecinales de primer orden y 1.07 km de caminos vecinales de segundo orden. Ya a que el volumen de este embalse es mucho mayor que el de la presa Aguacatal, el área de influencia del embalse también es mayor; consecuentemente existen más vías afectadas y de mayor importancia.

Las vías terciarias 6T y 8T unen los márgenes derecho e izquierdo del Río Lechugal, principal cauce del embalse. La afectación a estas dos vías rompe la red vial de la zona, impidiendo la comunicación directa que existe entre ambos márgenes del Río Lechugal.

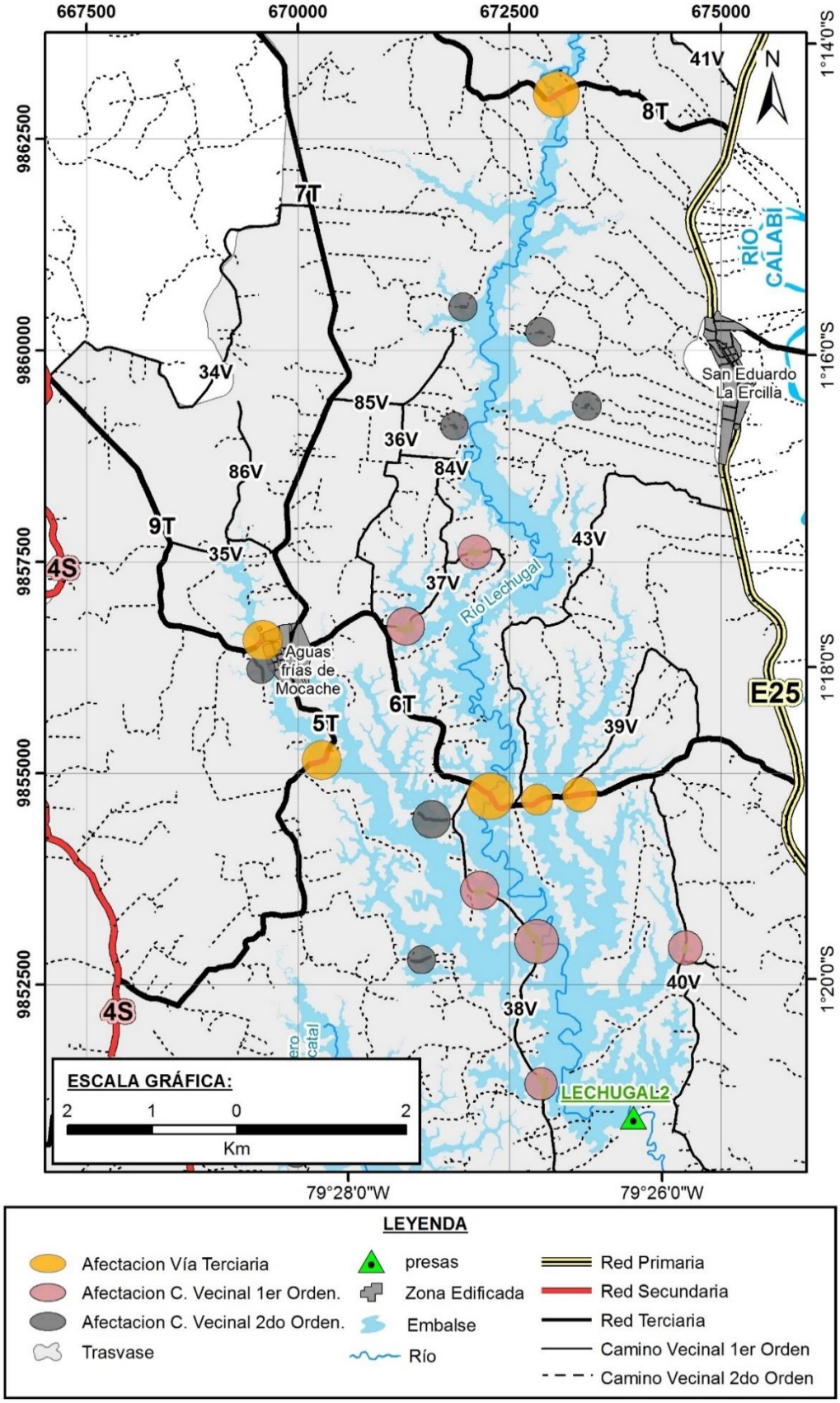
El margen izquierdo no está muy alejado de la vía E25, por lo que la mayoría de caminos vecinales conectan directamente los asentamientos y áreas de cultivo con esta vía; mientras que el margen derecho se encuentra más alejado de las vías principales de la zona, que son las vías 1S y 4S. Las vías 5T y 9T también se ven afectadas por el embalse; dejando a la vía 7T, como la única vía de la red terciaria que comunica el recinto Aguas Frías de Mocache con la red vial. La vía 7T junto con la 5T, recorren el margen derecho de norte a sur, comunicando los caminos vecinales de la zona con el recinto Aguas Frías de Mocache.

La afectación de la vía 5T, deja sin vías terciarias que comuniquen la zona ubicada al norte del recinto Aguas Frías de Mocache, con la zona que se encuentra sur del mismo.

Al igual que en el embalse Aguacatal, los asentamientos poblacionales y los caminos vecinales, se encuentran en zonas elevadas; lo cual reduce el número de caminos vecinales afectados, los mismos que no influyen dentro de la red vial en la zona de estudio.

En este embalse si se tienen puentes afectados, la superficie de rodadura de los mismos es de hormigón armado; sus demás características se encuentran detalladas en la Tabla 2-4. La superficie de rodadura del puente de la vía 9T, no está bajo el NAM del embalse, pero el resto de la estructura si lo está; además el resto del tramo afectado de la vía si se encuentra bajo el NAM, por estas razones también se lo considera afectado.

Ilustración 2-6: Afectaciones producidas por el embalse Lechugal 2.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2015). *Cartografía Básica.*

Tabla 2-3: Longitudes de vías afectadas por el embalse Lechugal 2.

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84		Nombre/Tramo	Longitud (m)
		X	Y		
5T_LCH2_1	Inicio	670346	9855241	Aguas Frías Mocahe-El Moral	257
	Fin	670155	9855114		
6T_LCH2_1	Inicio	672474	9854609	Aguas Frías Mocache-Lechugalito-E25	478
	Fin	672117	9854849		
6T_LCH2_2	Inicio	672908	9854709	Aguas Frías Mocache-Lechugalito-E25	228
	Fin	672703	9854628		
6T_LCH2_3	Inicio	673437	9854762	Aguas Frías Mocache-Lechugalito-E25	229
	Fin	673210	9854731		
8T_LCH2_1	Inicio	672964	9862978	Bijagual-E25	207
	Fin	673147	9863073		
9T_LCH2_1	Inicio	669527	9856523	Aguas Frías Mocache-La Franco	99
	Fin	669603	9856583		
37V_LCH2_1	Inicio	671327	9856765	6T-La Tragedia	226
	Fin	671180	9856708		
37V_LCH2_2	Inicio	672032	9857614	6T-La Tragedia	126
	Fin	672156	9857617		
38V_LCH2_1	Inicio	672842	9851418	6T-Los Amarillos-Cooperativa Nueva Esperanza-1P	274
	Fin	672906	9851181		
38V_LCH2_2	Inicio	672693	9853180	6T-Los Amarillos-Cooperativa Nueva Esperanza-1P	439
	Fin	672833	9852802		
38V_LCH2_3	Inicio	672102	9853603	6T-Los Amarillos-Cooperativa Nueva Esperanza-1P	106
	Fin	672204	9853599		
40V_LCH2_1	Inicio	671918	9860518	Lechugalito-Nuevo Zapotal	44
	Fin	671986	9860515		
91V_LCH2_1	Inicio	671918	9860518	7T-zona poblada	69
	Fin	671986	9860515		
93V_LCH2_1	Inicio	671833	9859113	36V-zona poblada	55
	Fin	671866	9859088		
96V_LCH2_1	Inicio	671554	9852829	Estero de Plátano-Los Amarillos	215
	Fin	671351	9852784		
102V_LCH2_1	Inicio	673398	9859324	E25-zona de cultivos	66
	Fin	673435	9859356		
105V_LCH2_1	Inicio	672853	9860219	106V-Zona cultivos-106V	21
	Fin	672874	9860215		
107V_LCH2_1	Inicio	669480	9856340	9T-zona poblada	271
	Fin	669586	9856109		
177V_LCH2_1	Inicio	671422	9854529	38V-zona poblada y cultivos	377
	Fin	671767	9854452		

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 2-4: Puentes Afectados por el Embalse Lechugal 2.

Id	Coordenadas UTM WGS84		Longitud (m)	Estado	Ancho Calzada (m)
	X	Y			
5T	670311.4	9855155.6	8	Regular	4
6T	672255.4	9854760.7	11	Regular	4
6T	672809.9	9854650.5	8	Regular	4
8T	673059.8	9863032.9	8	Regular	4
9T	669563.5	9856560.6	22	Regular	6
38V	672836	9852966.5	15	Bueno	4

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

2.6. Reposición Vial

Dentro del área de estudio se tienen 4.84 km afectados por los dos embalses, 1.50km de vías terciarias, 1.22 km de caminos vecinales de primer orden y 2.13 km de caminos vecinales de segundo orden. Sin embargo, esto no significa que sea necesario reponer los 4.80 km de vías; solamente se repondrán las vías que sean necesarias para que todas las zonas afectadas tengan una conexión a la red vial. Si un determinado punto tiene dos vías de acceso o más, y uno de ellos se ve afectado, no será necesario reponer ninguna vía; considerando siempre que las vías que permanezcan sin afectación, sean del mismo orden o superior que la afectada.

Se ha considerado que son necesarias siete vías de reposición como lo muestra la Tabla 2-5, cuatro de ellas sirven para reponer caminos vecinales de segundo orden, que siendo afectados dejan aisladas algunas viviendas y zonas de cultivo. Dos vías servirán para reponer dos caminos vecinales de primer orden: la vía 37V que es afectada en dos tramos, de los cuales solo será necesario reponer el segundo tramo; y la vía 40V, ya que conecta los poblados Lechugalito con Nuevo Zapotal, y además recorre de manera paralela parte del embalse, y se la ha considerado importante dentro de la red vial de la zona.

La única vía terciaria que conectará el recinto Aguas Frías de Mocache con la red vial es la vía 7T. Sin embargo esta vía conduce el tráfico hacia el norte del embalse, y no satisface la demanda hacia el oeste y sur de la zona, por lo que se repondrá la vía 9T, mejorando la vía 35V que es un camino vecinal de primer orden.

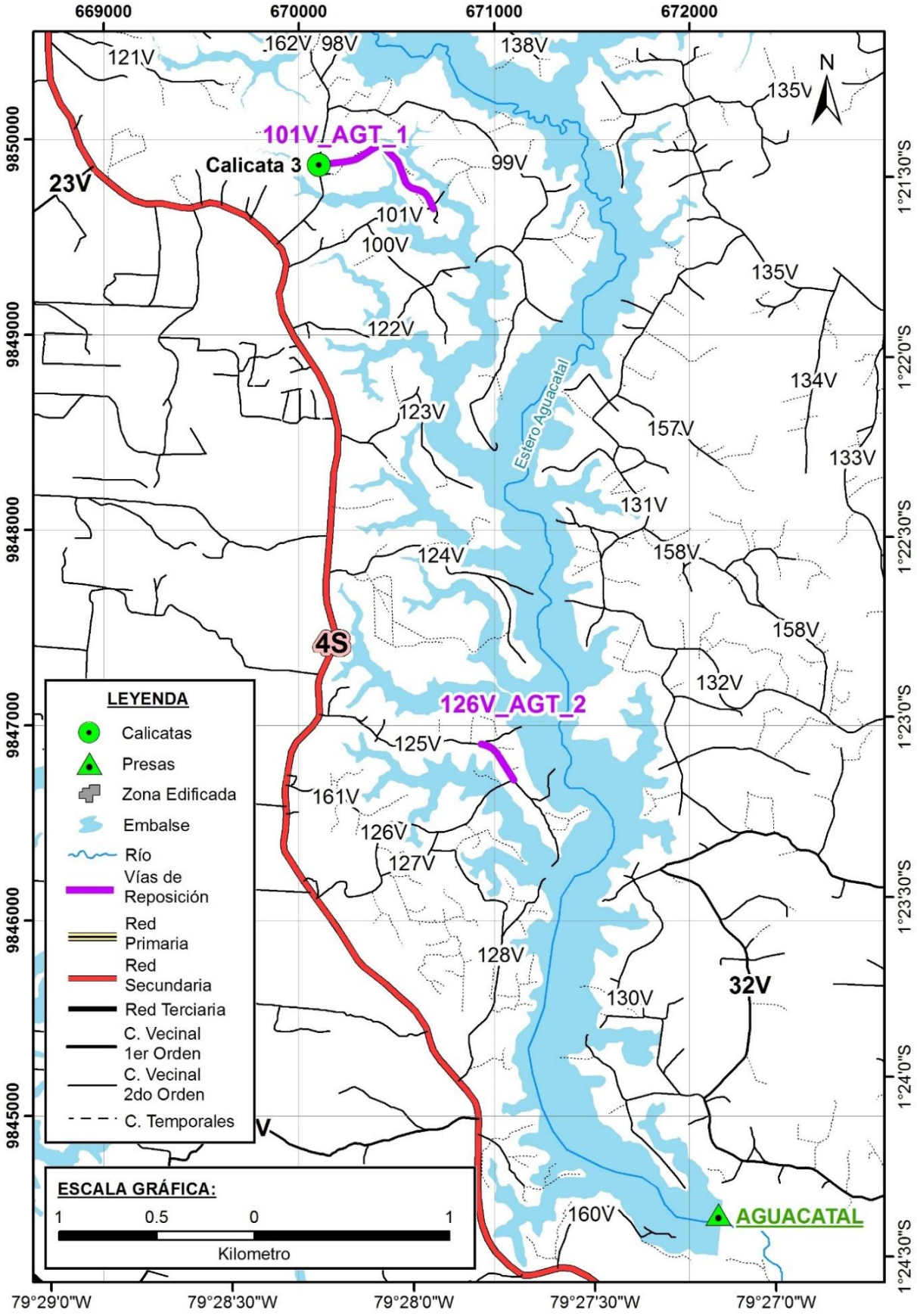
Las vías de reposición necesarias, se muestran en la Ilustración 2-7 e Ilustración 2-8, para los embalses Aguacatal y Lechugal 2 respectivamente.

Tabla 2-5: Ubicación y longitud estimada de las vías de reposición.

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84		Longitud estimada (km)	Clasif.	Ancho de calzada (m)	Embalse
		X	Y				
40V_LCH2_1	Inicio	674592.16	9853047.76	0.4	Vecinal	4	Lechugal 2
	Fin	674649.09	9852774.74				
91V_LCH2_1	Inicio	672212.32	9860992.71	0.2	Vecinal	4	Lechugal 2
	Fin	672265.02	9861174.73				
93V_LCH2_1	Inicio	671853.02	9859273.50	0.2	Vecinal	4	Lechugal 2
	Fin	671955.66	9859102.72				
37V_LCH2_2	Inicio	671819.29	9858071.05	0.9	Vecinal	4	Lechugal 2
	Fin	672353.63	9857642.42				
9T_LCH2_1	Inicio	668481.36	9857740.15	1.3	Terciaria	6	Lechugal 2
	Fin	669743.02	9857640.83				
101V_AGT_1	Inicio	670103.56	9849869.68	0.6	Vecinal	4	Aguacatal
	Fin	670688.20	9849646.66				
126V_AGT_2	Inicio	670936.80	9846905.53	0.2	Vecinal	4	Aguacatal
	Fin	671100.68	9846720.47				

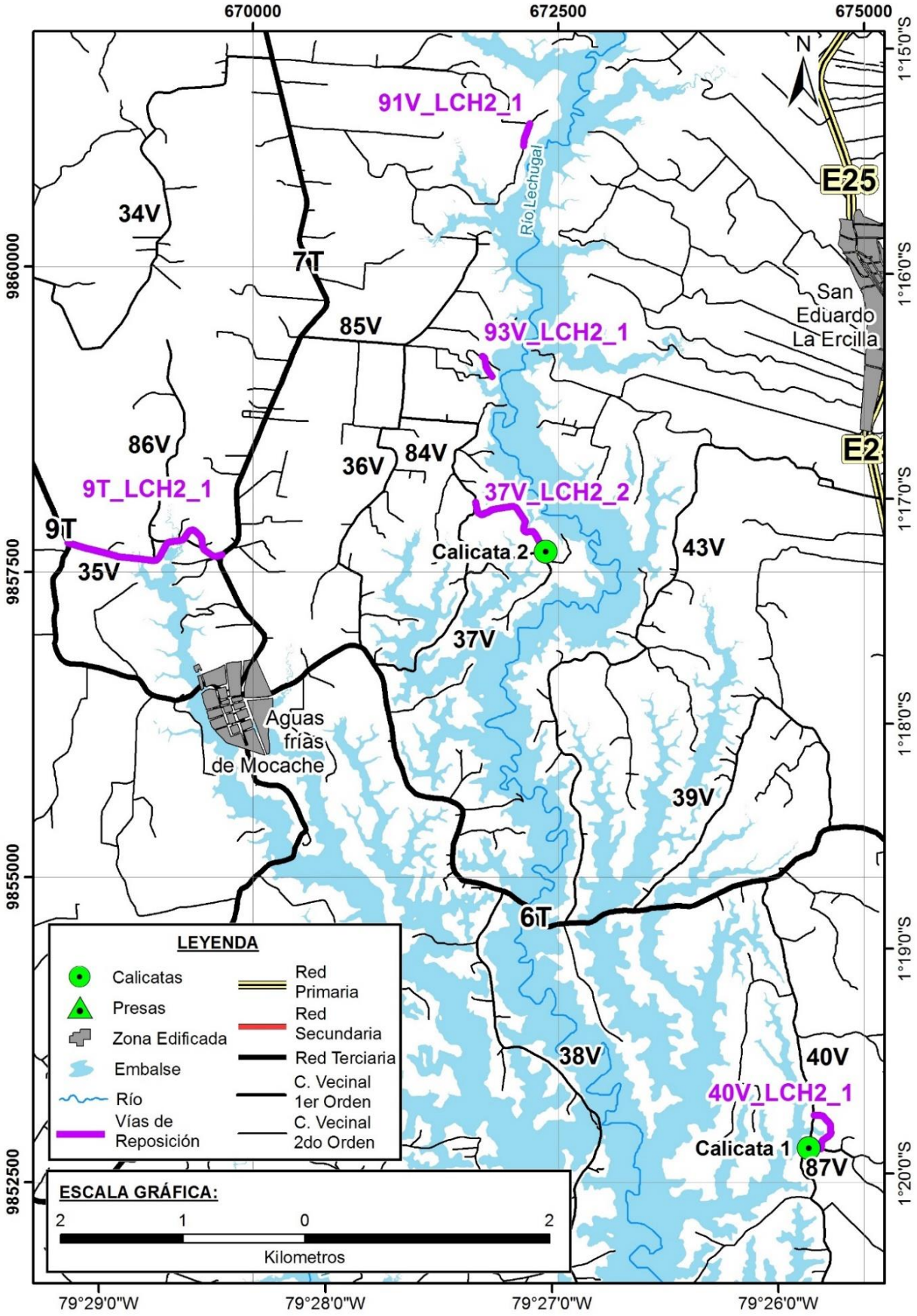
Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ilustración 2-7: Vías de reposición para el embalse Aguacatal.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2015). *Cartografía Básica.*

Ilustración 2-8: Vías de reposición para el embalse Lechugal 2.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2015). *Cartografía Básica.*

3. ESTUDIOS PRELIMINARES

3.1. Geología

3.1.1. Geología Regional

Al estar el proyecto PACALORI ubicado a los pies de la cordillera de los Andes, su geología se ve influenciada por la misma. Los torrentosos ríos del flanco occidental, que en época de lluvia duplican fácilmente su caudal, transportan material proveniente de la cordillera, que forma depósitos de pie de monte, que desde el Holoceno y hasta la actualidad rellenan la cuenca hidrográfica del río Guayas. Por debajo de estos se encuentran secuencias sedimentarias correspondientes a varias formaciones que van desde el Plioceno, Pleistoceno hasta el Holoceno y Cuaternario reciente [5].

La cuenca del río Guayas corresponde a la Llanura o Planicie costanera. En términos geológicos esta llanura es una cuenca de sedimentación, que puede asumirse subandina por su posición al pie de la cordillera Occidental de los Andes [6].

El elemento estructural de mayor importancia es la presencia de cuencas flexurales que son poderosas colectoras de las aguas provenientes de la Cordillera de los Andes. La combinación del clima tropical y cuencas flexurales va a producir planicies aluviales con alta movilidad de los ríos [7].

3.1.2. Geología Local

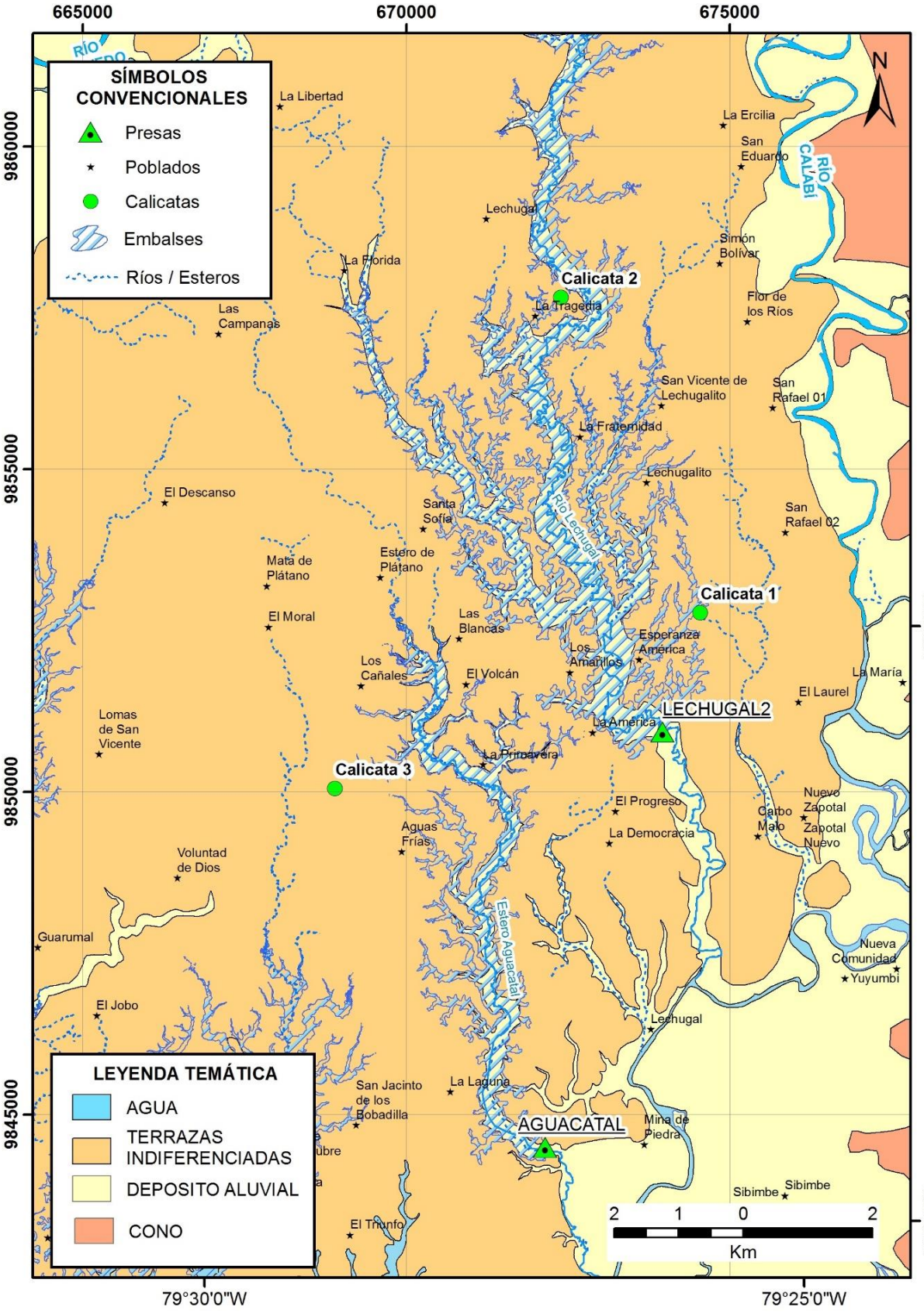
En general en la zona se observan suelos de color marrón rojizo, constituidos principalmente por limos y arcillas, probablemente ceniza volcánica meteorizada, con capas de espesor muy variable, que como se puede observar en la Ilustración 3-1 en la zona se identifican como:

- Terrazas Indiferenciadas (Plaistoceno).
- Depósitos Aluviales (Holoceno o reciente).

Las Terrazas Indiferenciadas Corresponden a superficies que no poseen o no han desarrollado suficiente diferencias morfológicas, y por lo general presentan texturas y formas muy similares. Constituidos por arcillas y arenas poco consolidadas, transportadas por las aguas originadas en la cordillera de los Andes, y que forman Conos de Deyección con dirección oeste [5].

Los Depósitos Aluviales, están compuestos por sedimentos fluviales del Cuaternario reciente. Se ubican en las depresiones de las formaciones subyacentes y están conformadas por sedimentos finos a muy finos, ligeramente orgánicos, con rasgos propios de la sedimentación lacustre originada después de las inundaciones [5].

Ilustración 3-1: Geología del área de estudio.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2014c). *PACALORI - Informe Componente Geología y Geotecnia - Tasvase 2* (Vol. Tomo 4).

La zona del proyecto está llena de cauces intermitentes que alimentan un cauce principal que generalmente es perenne, este cauce principal forma un valle ancho y de poca pendiente, conocido como Llanura Aluvial de Depositación. Los cauces principales fluyen en dirección norte-sur, y desembocan en el río Zapotal, denominación que recibe el río Calabí en la zona sureste del área de estudio. En épocas de poca lluvia o sequía, los cauces principales forman meandros. También existen humedales que se forman en las zonas bajas, generalmente debido al desbordamiento de los ríos.

3.2. Geomorfología

El área del proyecto PACALORI se encuentra fuertemente disectada, y el principal patrón de control estructural es el drenaje de la escorrentía, que forma una red de cauces que desembocan en el río Lechugal o en el estero Aguacatal, principales cauces de las cuencas hidrográficas de los embalses. En el archivo topográfico y en las visitas de campo se pudo apreciar que a medida que nos acercamos a estos cauces principales, la topografía se vuelve más irregular, lo que influye en los caminos que se pretende reponer.

3.2.1. Clasificación del Terreno

Antes de realizar el trazado de una vía, es importante conocer y clasificar el tipo de terreno en el cual se encuentra. Ya que la topografía controlara los parámetros del diseño geométrico de las vías, las mismas se clasificarán de acuerdo a las pendientes del terreno como se muestra en la Tabla 3-1. Mediante la utilización del modelo digital del terreno (MDT), que cubre 149 Km^2 de los 189 Km^2 del área de estudio, se ha realizado un mapa de pendientes mediante el software ArcGIS 10.1, el cual realiza un mapa de pendientes calculando la tasa máxima de cambio del valor de elevación de una celda con respecto a sus vecinas [8].

Tabla 3-1: Clasificación de las pendientes del terreno.

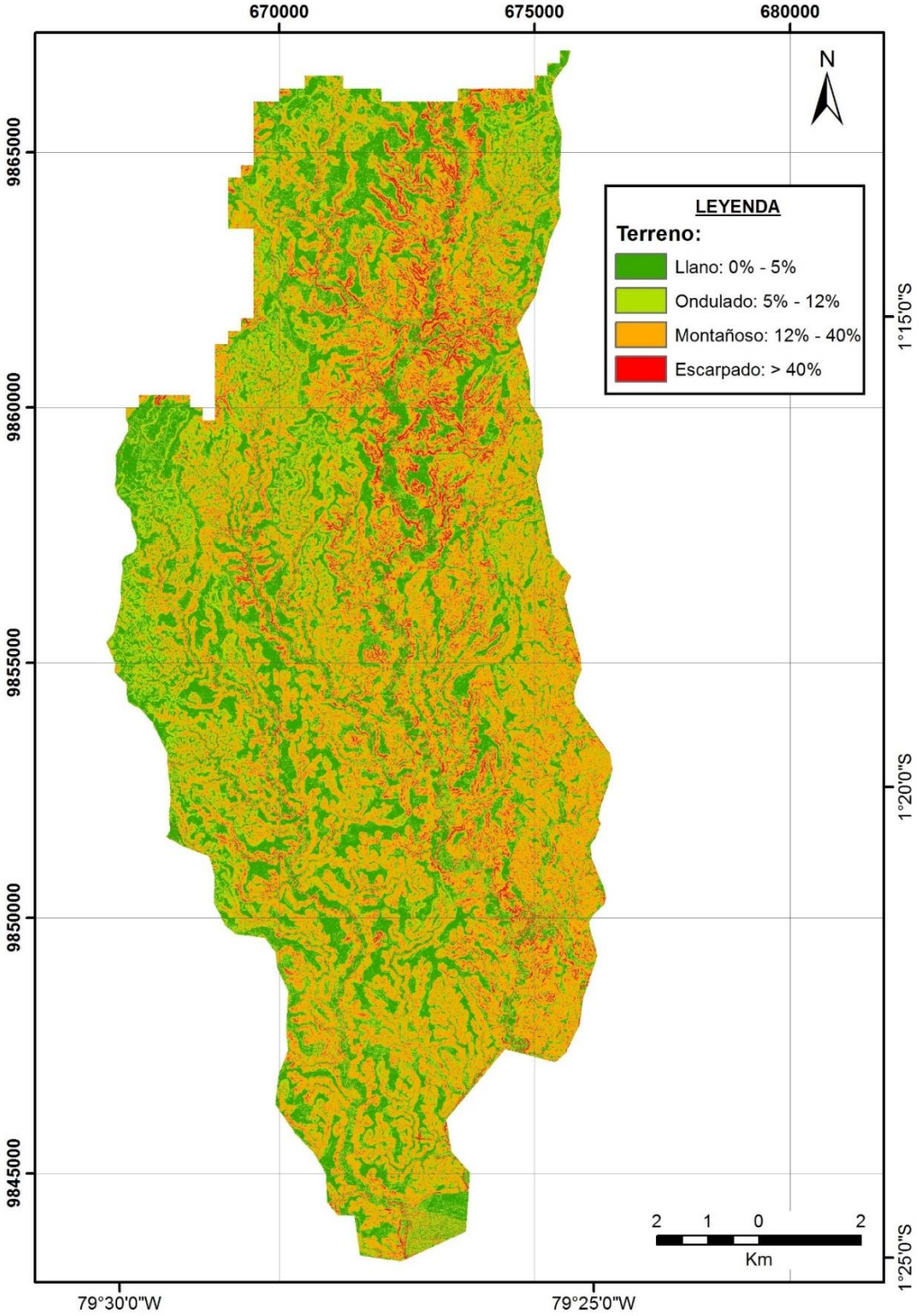
Tipo de Terreno	Rango de Pendientes	Área (Km^2)	Porcentaje en el área de estudio
Llano	0% - 5%	43.29	29.05
Ondulado	5% - 12%	35.27	23.67
Montañoso	12% - 40%	63.32	42.49
Escarpado	> 40%	7.13	4.78
Total		149.00	100.0

Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: Ministerio de Obras Públicas. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.

En la Tabla 3-1 se muestran los rangos de pendientes para los cuales se realiza la clasificación del terreno, y se observa que un 42.49% del área corresponde a un rango de pendientes de entre 12 y 40%, siendo este rango el más elevado y por lo tanto el más influyente. Además, en la Ilustración 3-2 se puede observar que la mayoría del terreno montañoso y escarpado, se concentra en las zonas aledañas

a los embalses, haciendo que el valor de 42.49% tenga mayor peso en el trazado de las vías de reposición, por su cercanía a los embalses. También se puede apreciar que en la zona del embalse Lechugal 2, existe una mayor concentración de terreno escarpado que en la de Aguacatal.

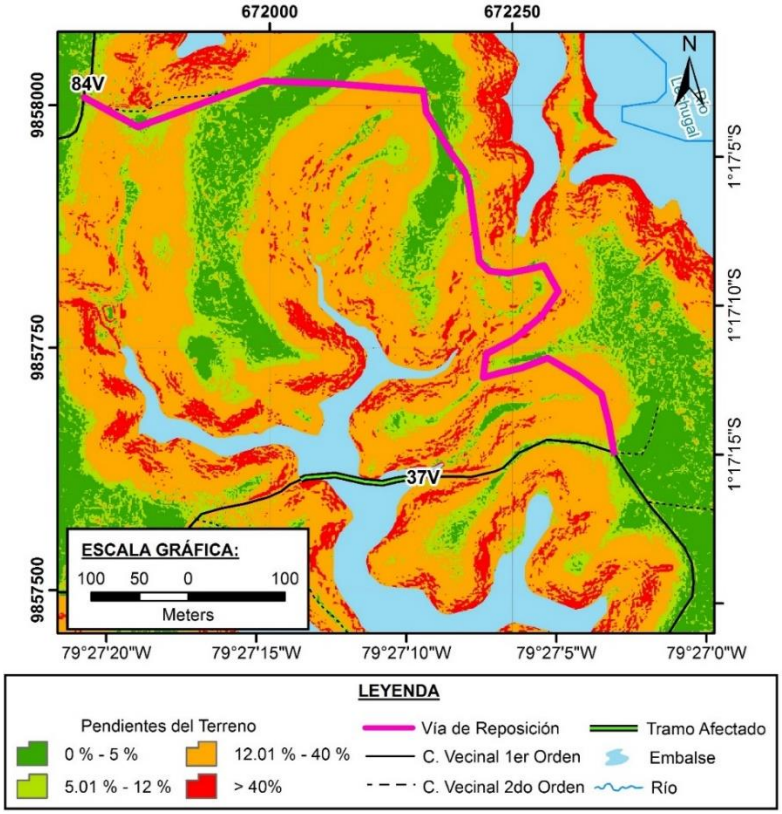
Ilustración 3-2: Mapa de pendientes del área de estudio.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2015). *Cartografía Básica.*

En la Ilustración 3-3 se muestra un trazado preliminar de la vía de reposición 37V_LCH2_2, en la cual se puede observar como existe una alta concentración de terreno montañoso y escarpado alrededor del embalse Lechugal 2, lo que dificulta su trazado.

Ilustración 3-3: Mapa de pendientes para la vía de reposición 37V_LCH2_2.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

3.2.2. Forma de las Cuencas Hidrográficas

En el análisis del inventario vial, se encontró cierta relación entre la distribución de las vías en la zona y la forma que tendrá el embalse correspondiente; que a la vez, está relacionado con la forma de la cuenca hidrográfica que lo genera. A continuación se describen las características de una cuenca:

- Parteaguas. Es la línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas [9].
- Área de la cuenca (A_c). Se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas [9].
- Perímetro de la cuenca (P_c). Es la longitud del parteaguas o contorno de la cuenca, en proyección horizontal.
- Corriente o cauce principal de una cuenca. Es la corriente que pasa por la salida de la cuenca [9].
- Longitud de la cuenca de drenaje (L). De cierto modo esta variable define la elongación de la cuenca y es de medición directa. Existen varios criterios para su cálculo, y que estarán en relación directa con la característica que

se quiera resaltar. Ya que solamente analizaremos la geometría de la cuenca y no su comportamiento hidrológico, esta longitud será la máxima distancia en línea recta entre la salida de la cuenca y el punto del perímetro más alejado [10].

- Longitud del cauce principal (L_b). Es la longitud en proyección horizontal determinada desde el parte aguas hasta la salida de la cuenca, incluyendo la sinuosidad del cauce.

Para poder caracterizar las cuencas, se definieron los siguientes parámetros morfométricos de las mismas:

- Coeficiente de Compacidad (C_c). Es la relación adimensional entre el perímetro de la cuenca y el de una circunferencia que contenga la misma área que la cuenca hidrográfica [11].

$$C_c = 0.282 \frac{P_c}{\sqrt{A_c}} \qquad \text{Ecuación 3-1}$$

"El coeficiente de compacidad tendrá como límite inferior la unidad, indicando entonces que la cuenca es circular y conforme crece indicará una mayor distorsión en su forma, es decir se vuelve alargada o asimétrica" [12].

- Razón de Elongación (R_e). Es la relación adimensional entre el diámetro de un círculo con igual área que la cuenca y la longitud máxima de la misma [13]. Cuando Schumm definio la relación, utilizó la longitud del cauce principal L_b; sin embargo, dependiendo del estudio se pueden utilizar otras longitudes principales (L).

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{A_c}}{L_b} \qquad \text{Ecuación 3-2}$$

- Índice de Forma de Horton (F_f). Es la relación adimensional entre el área de la cuenca y el cuadrado de la longitud de la misma [14].

$$F_f = A_c / L^2 \qquad \text{Ecuación 3-3}$$

Si la cuenca fuese perfectamente cuadrada, F_f sería igual a la unidad [10].

- Amplitud de la cuenca (W). Nos indica la forma de la superficie de la cuenca por unidad de longitud de la misma [10].

$$W = A / L \qquad \text{Ecuación 3-4}$$

A mayor elongación de la cuenca, W tomará menores valores, pero siempre mayores que 1 [10].

Utilizando el archivo MDT y el software ArcGIS 10.1, se definieron las cuencas para las presas Aguacatal y Lechugal 2. Con el mismo software se calcularon sus características, las cuales se muestran en la Tabla 3-2 junto con los parámetros morfométricos. Estos parámetros han sido calculados utilizando ambas longitudes,

previamente definidas (L y L_b). La cuenca de la presa Aguacatal se encuentra completamente dentro del área de estudio, mientras que la cuenca de la presa Lechugal 2 no se encuentra totalmente dentro. Esto no es relevante, ya que el embalse si se formará dentro del área de estudio, y este si estará influenciado por los coeficientes de forma de toda la cuenca.

Tabla 3-2: Parámetros morfométricos de las cuencas hidrográficas Aguacatal y Lechugal 2.

Embalse	A_c (Km)	P_c (Km)	L (Km)	L_b (Km)	C_c	W	R_e	F_f
AGT	33.75	61.69	16.31	-	2.99	2.07	0.40	0.13
LCH2	140.12	105.13	32.84	-	2.50	4.27	0.41	0.13
AGT	33.75	61.69	-	22.81	2.99	1.48	0.29	0.06
LCH2	140.12	105.13	-	46.52	2.50	3.01	0.29	0.06

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

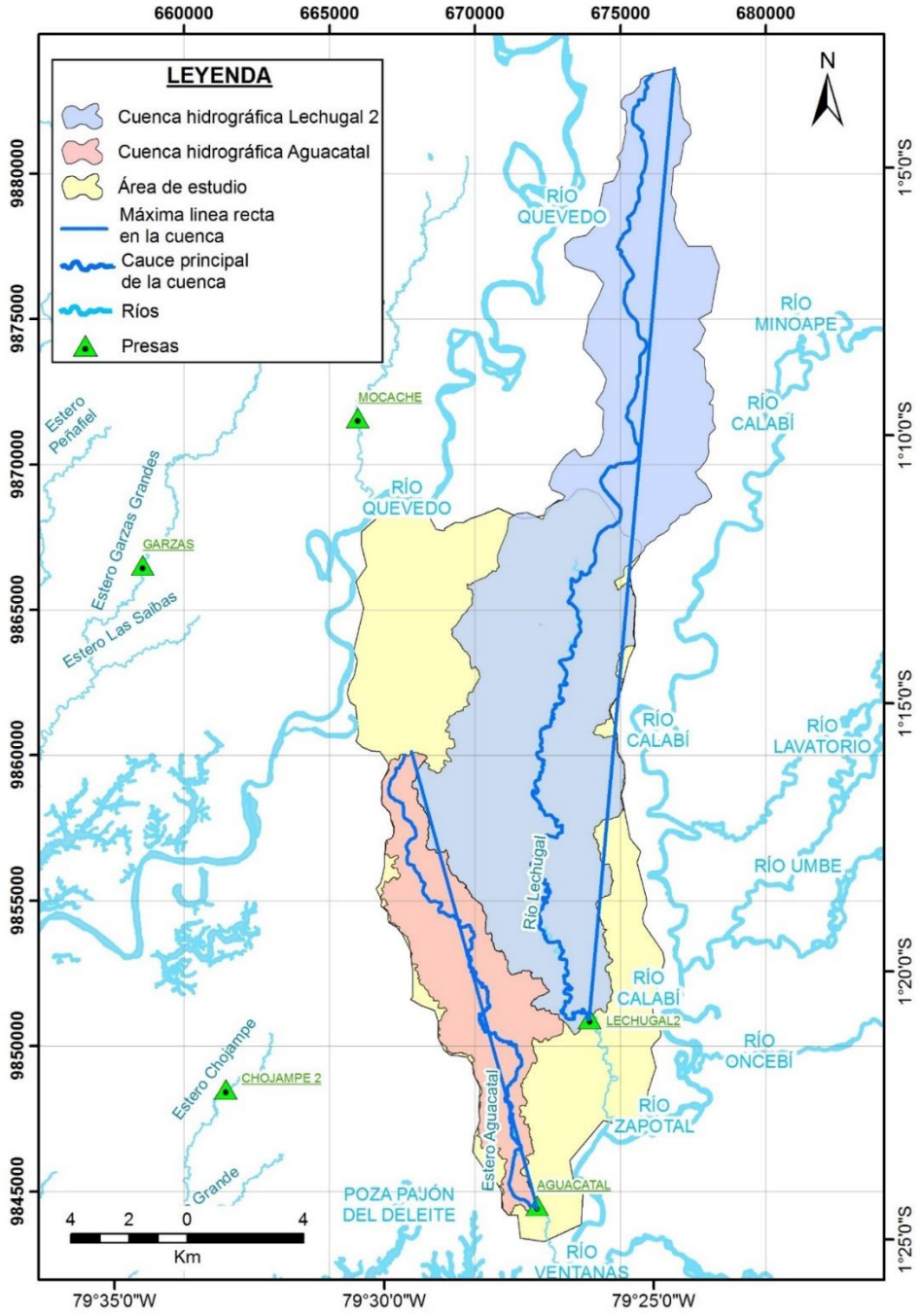
El coeficiente de compacidad encontrado para ambas cuencas es mayor a 2.5, lo que indicaría que las cuencas son bastante alargadas ya que el valor de su perímetro es más del doble que el de la circunferencia asociada. Según Jardí [10], el coeficiente de compacidad indica que tan lobulada es la cuenca. Sin embargo los valores de C_c encontrados por Jardí no son similares a los de las cuencas aquí estudiadas. En parte podría deberse a que las cuencas fueron calculadas mediante herramientas digitales y topografía de alta precisión, lo que podría incrementar el número de pequeñas entrantes y salientes, elevando así el perímetro de las cuencas. Para comprobar esta suposición, se realizó un trazado manual de la cuenca de la presa Aguacatal, obteniendo para un área igual (33.74 km^2) y una cuenca a simple vista idéntica, un perímetro de 46.33 km. Esto significa una reducción considerable de aproximadamente 15 km en el perímetro, y que arroja un valor de C_c igual a 2.25. Por lo tanto los valores de C_c no serán considerados para determinar qué tan lobuladas son las cuencas, con respecto a clasificaciones ajenas al proyecto PACALORI; pero su valor si será de utilidad para una eventual comparación con respecto a los demás embalses del proyecto, y cuyas cuencas hayan sido determinadas utilizando la topografía con el mismo nivel de precisión y mediante herramientas digitales.

Como se puede observar en la Ilustración 3-4, ambas cuencas tienen claramente una forma alargada, siendo la cuenca de la presa Lechugal 2 aproximadamente cuatro veces mayor que la de la presa Aguacatal. A pesar de esta gran diferencia en su tamaño, la razón de elongación R_e y el índice de forma F_f, son prácticamente iguales para ambas cuencas. R_e y F_f nos indican que tan alargada es una cuenca a medida que disminuyen su valor [10].

$$R_e \ll 1 \rightarrow Forma\ Alargada \qquad \text{Ecuación 3-5}$$

$$F_f \ll 1 \rightarrow Forma\ Alargada \qquad \text{Ecuación 3-6}$$

Ilustración 3-4: Cuencas hidrográficas Aguacatal y Lechugal 2.



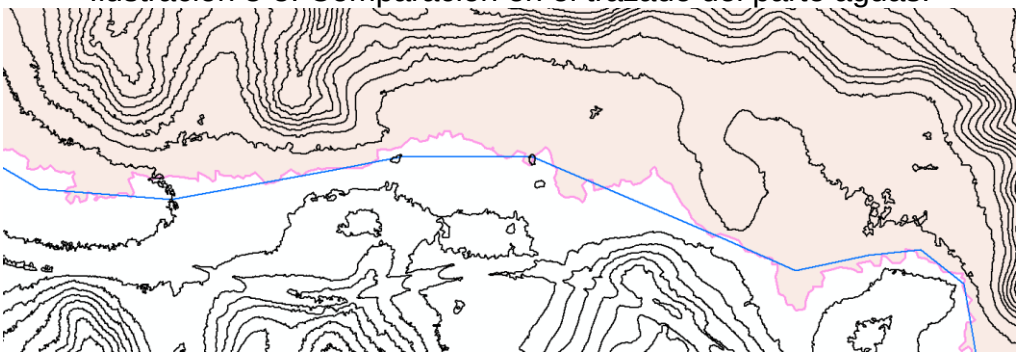
Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2015). *Cartografía Básica.*

Por lo tanto, podríamos decir que ambas cuencas son igualmente alargadas. Independientemente de que longitud se utilice (L o L_b), para ambas cuencas se obtienen valores bajos de R_e y F_f, demostrando que estas son bastante alargadas. Los valores de R_e y F_f obtenidos con L_b, son aún más bajos, debido a que el cauce principal forma meandros. Existe otra manera de medir el cauce principal de la cuenca, pero ignorando la forma de los meandros; el eje de esta longitud se traza por del centro de la llanura de inundación [10].

La única diferencia en la forma de las dos cuencas, la determina la amplitud W. La amplitud de la cuenca Lechugal 2 es aproximadamente el doble que el de la de Aguacatal; independientemente de que longitud de la cuenca se utilice en su cálculo (L o L_b). Esta diferencia en la amplitud de la cuenca, parece ser determinante en como las vías se distribuyen en las mismas, y el número de vías que resultaran afectadas.

La Ilustración 3-5 muestra la diferencia entre un trazado del parte aguas realizado de forma manual (línea azul) y otro mediante el programa ArcGIS 10.1 (línea magenta). La topografía con curvas de nivel cada metro, fue obtenida del mismo archivo MDT que utilizó el programa para delimitar las cuencas.

Ilustración 3-5: Comparación en el trazado del parte aguas.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Nota: Parte

3.3. Estudio del Tráfico

Dada la gran cantidad de vías existentes dentro del área del proyecto PACALORI, dentro de los diseños definitivos del proyecto se realizó un estudio del tráfico de vías representativas, para poder estimar las demandas de tráfico en toda el área del mismo. En ese estudio se determinó el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y su proyección para un periodo de 21 años, desde 2014 hasta 2035. Las vías escogidas como representativas, pertenecen a la red secundaria y terciaria del inventario vial. No se han escogido caminos vecinales para el conteo, puesto que el volumen de tráfico observado en los mismos es demasiado bajo y está compuesto mayormente por motocicletas.

En este estudio, el tráfico ha sido clasificado en livianos, buses, camiones de 2 ejes y tráileres. Cabe resaltar que para efectos de cálculo del TPDA, se ha excluido el conteo de motocicletas; sin embargo estas representan más del 50% del tráfico observado [4].

Los resultados de ese estudio para la estación E2 (vía La Templanza – Puerto Pechiche) se muestran en la Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2015). *PACALORI-Informe Ejecutivo: Diseños Definitivos-Estudios Técnicos Trasvase Calabí*.

Tabla 3-4; en donde se muestra el TPDA calculado para el 2014 y sus proyecciones. En este estudio se incluye también el cálculo de las tasas de crecimiento (para

vehículos livianos y pesados) utilizadas en la proyección del TPDA. Estas tasas se muestran en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Tasas de crecimiento vehicular en la provincia de Los Ríos.

Periodo	Tasa de Crecimiento (%)	
	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados
2014 - 2015	1,08	2,06
2015 - 2020	5,49	2,11
2020 - 2025	4,90	2,16
2025 - 2030	4,37	2,21
2030 - 2035	3,92	2,26

Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2015). *PACALORI-Informe Ejecutivo: Diseños Definitivos-Estudios Técnicos Trasvase Calabí*.

Tabla 3-4: Proyección del TPDA, estación E2: vía la Templanza – Puerto Pechiche.

Año	Livianos	Buses	Camiones 2 ejes	Tráiler 2S2	TOTAL
2014	68	4	21	0	93
2015	69	4	21	0	94
2020	90	5	24	0	119
2025	114	5	26	0	145
2030	141	6	30	0	177
2035	171	6	33	0	210

Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2015). *PACALORI-Informe Ejecutivo: Diseños Definitivos-Estudios Técnicos Trasvase Calabí*.

Dentro de la clasificación vial realizada en los diseños definitivos del proyecto PACALORI, el TPDA para el horizonte de diseño de las vías terciarias ha sido considerado el valor del TPDA proyectado para el año 2035 (**210 vehículos**) de la estación E2; y para el horizonte de diseño de los caminos vecinales, se ha considerado el TPDA del año 2015 (**94 vehículos**), también de la estación E2 [4].

Los embalses influirán de manera negativa en las demandas de tráfico de las vías de reposición, ya que la mayoría de estas vías conectan a la red vial con una zona que ha quedado aislada por los mismos; por lo tanto el tráfico en estas vías será producido únicamente por usuarios que se benefician directamente de las mismas.

3.4. Estudio de la Subrasante

3.4.1. Muestras de Suelo

Con el objetivo de conocer las características físico-mecánicas del suelo que será la subrasante de las vías de reposición, se realizaron tres calicatas para obtener muestras de suelo representativas. Ya determinadas las vías de reposición necesarias, se seleccionaron tres puntos para la toma de muestras. Dos muestras fueron tomadas de la zona correspondiente al embalse Lechugal 2 (calicatas 1 y 2), ya que existe una mayor demanda de vías de reposición en el mismo; y una muestra correspondiente al embalse Aguacatal (calicata 3). La Tabla 3-5 muestra las coordenadas y las vías de reposición correspondientes a las tres calicatas.

Ilustración 3-6: Excavación de las calicatas.



Calicata No. 1 Calicata No. 2 Calicata No. 3

Las muestras se obtuvieron entre 1 y 1.5 metros de profundidad, encontrando pequeñas raíces hasta los 0.80 m de profundidad, y debido a que las muestras se obtuvieron al final de la época de sequía, el nivel freático era bajo (>1.5 m). En la Ilustración 3-6 se observa el tipo de excavación que se realizó para obtener las muestras; mientras que en la Ilustración 3-7 se puede observar las muestras obtenidas. Estas muestras son de color marrón-ocre, muy parecidas entre sí; aunque la muestra correspondiente al embalse aguacatal, era ligeramente más amarillenta.

Las ilustraciones 2-7, 2-8, y 3-1 muestran la ubicación de las tres calicatas dentro del área de estudio.

Ilustración 3-7: Muestras de suelo.



Calicata No. 1 Calicata No. 2 Calicata No. 3

Tabla 3-5: Ubicación de las calicatas.

Muestra #	Embalse	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Vía Reposición	Profundidad (m)
1	Lechugal 2	674552	9852779	40V_LCH2_1	1 - 1.5
2	Lechugal 2	672397	9857665	37V_LCH2_2	1 - 1.5
3	Aguacatal	670106	9849864	101V_AGT_1	1 - 1.5

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

3.4.2. Ensayos de Laboratorio

A continuación se describen los ensayos realizados sobre las tres muestras de suelo, y los resultados obtenidos. En el Anexo D se encuentran los detalles de los ensayos realizados.

- **Humedad Natural.** El contenido de humedad *w* en las muestras varía entre **23 y 35%**; pero se sabe que en el invierno la humedad incrementa significativamente. Los resultados de la determinación de la humedad natural se muestran en el Anexo D.1.
- **Granulometría.** Los suelos son granos finos de tipo cohesivo, por lo que para su granulometría se realizó un lavado a través del tamiz 200. Luego de realizar la granulometría, se tuvieron porcentajes de material pasante superiores al 98 %. Los resultados de los ensayos de granulometría se encuentran en el Anexo D.2.
- **Consistencia del Suelo.** Para describir la consistencia de un suelo se determinara el *límite plástico (LP)* y *límite líquido (LL)*, y mediante la Ecuación 3-7 se obtienen los valores del *índice de plasticidad (PI)* [15]. Para la realización del ensayo se siguió el procedimiento dado por la Prueba D 4318 de la ASTM. Los resultados de los ensayos para determinar el límite líquido y límite plástico se encuentran en el Anexo D.3 y Anexo D.4 respectivamente. Los resultados obtenidos para las tres muestras de suelo, se encuentran en la Tabla 3-6.

$$PI = LL - PL$$

Ecuación 3-7

- **Proctor modificado.** Este ensayo se utiliza para determinar el peso específico seco máximo y su correspondiente contenido de agua optimo, para un determinado suelo. Para este estudio se realizó el ensayo de compactación Proctor modificado para cada una de las muestras de suelo. El procedimiento seguido para la realización del ensayo es el D 1557 de la ASTM, o su equivalente T 180 de la AASHTO. Existen tres métodos alternativos para la realización del ensayo, y para las tres muestras de suelo se seguirá el método C, descrito en el procedimiento D 1557 de la ASTM.

  Los resultados de este ensayo se muestran en la Tabla 3-6 y la realización del mismo se encuentran en el Anexo D.5. Para fines de este estudio, las gráficas y resultados han sido expresados en términos de la densidad seca máxima, en lugar del peso específico máximo.

- **California Bearing Ratio (CBR).** Este método es utilizado para conocer la potencial resistencia que tendrán los materiales que servirán como subrasante, subbase o base. Se ha determinado el valor de CBR de las tres muestras de suelo que servirán como subrasante, para las condiciones más desfavorables; es decir, para un suelo saturado (sumergido en agua 5 días).

Los ensayos completos para las tres muestras de suelo se encuentran en el Anexo D.6. Un resumen de los resultados obtenidos se muestra en la Tabla 3-6.

Tabla 3-6: Resultados del ensayo Proctor modificado, CBR, y consistencia del suelo.

Muestra #	Unidad	1	2	3
Límite Líquido	**(%)**	81.5	75.9	81.75
Límite Plástico	**(%)**	43.67	40.42	48.01
Índice de Plasticidad	**(%)**	37.83	35.48	33.74
Densidad Seca Máxima del Suelo	**(kg/m³)**	1221	1423	1345
Contenido de Agua Óptimo	**(%)**	38	38	37
CBR al 100% densidad seca máxima	**(%)**	2.27	3.00	1.85

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

3.4.3. Clasificación de los Suelos

Los sistemas de clasificación utilizados comúnmente para agrupar suelos con propiedades similares son el sistema de clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Para poder clasificar los suelos de acuerdo a estos sistemas, se utilizan las tablas del Anexo E y las granulometrías, limites líquidos e índices de plasticidad previamente obtenidos.

- **Sistema de clasificación AASHTO.** Este sistema es el más utilizado en proyectos viales, y para una evaluación de la calidad del suelo como material para subrasante, se adiciona a la clasificación de grupos y subgrupos un número llamado *índice de grupo (GI)* [15]. Este número se coloca entre paréntesis y está dado por la Ecuación 3-8 [15] .

$$GI = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

Ecuación 3-8

Dónde:

F = Porciento que pasa el tamiz No. 200
LL = Límite líquido
PI = Índice de plasticidad

"En general, la calidad del comportamiento de un suelo como material para subrasante es inversamente proporcional al índice de grupo" [15]. Utilizando el Anexo E.1, las tres muestras de suelo han sido clasificadas como **A-7-5 Suelo arcilloso**, con índices de grupo de **50, 45** y **46** respectivamente. Por lo tanto, los suelos son malos para subrasantes [15].

- **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.** Este sistema fue propuesto por Arturo Casagrande en 1942, y posteriormente revisado por la Oficina de Restauración de Estados Unidos en 1952 [15].

Utilizando el Anexo E.2, las tres muestras de suelo han sido clasificadas como **Limo de alta plasticidad MH.**

4. PARÁMETROS GENERALES DEL DISEÑO VIAL

4.1. Clasificación de las Vías

De acuerdo al MTOP, las vías pueden clasificarse de acuerdo a criterios de capacidad (TPDA), tipo de superficie de rodamiento y número de calzadas. Utilizando el TPDA que se les ha asignado a la red terciaria y a la red vecinal en los estudios realizados por el proyecto PACALORI, se identifican las vías de acuerdo a la clasificación del MTOP. Así, las vías de la red terciaria son clase IV y los de la red vecinal clase V; como se puede observar en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1: Relación entre función, clase y tráfico.

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA	TPDA* (AÑO FINAL DE DISEÑO)
Corredor Arterial	R-I o R-II **	> 8000
Corredor Arterial - Colectora	I	3000 - 8000
Corredor Arterial - Colectora	II	1000 - 3000
Colectora	III	300 - 1000
Colectora - Vecinal	IV	100 - 300
Vecinal	V	< 100

Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: Ministerio de Obras Públicas. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.

* Nivel de servicio aceptable al final del periodo de diseño.

** R-I y R-II = Autopistas.

Las vías de reposición tendrán solamente un carril sin separación física. Ya que el presente estudio se concentra en los caminos de orden inferior, los caminos clase IV y V serán subclasificados de acuerdo a la Tabla 4-2, que utiliza los valores determinados en el Manual de Diseño de Caminos Vecinales del MTOP [16].

Tabla 4-2: Subclasificación de caminos vecinales.

Clase de Carretera	Tipo de Camino Vecinal	TPDA	Superficie de Rodadura	Ancho de Calzada
IV	7	250 - 300	Doble tratamiento Superficial Bituminoso (DTSB)	6 m
IV	6	150 - 250	Capa granular de rodadura sin revestimiento	6 m
IV	5	<= 150	Capa granular sin revestimiento	6 m
IV	5E	<= 150	Empedrada	6 m
V	4	<= 100	Capa granular sin revestimiento	4 m
V	4E	<= 100	Empedrada	4 m

Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: LUIS BERGER INTERNATIONAL INC., & PROTECVIA CIA. LTDA. (Eds.). (1985). *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

De acuerdo al TPDA esperado en las vías de reposición, se han escogido las superficies de rodadura y el ancho de las calzadas para los **caminos vecinales tipo 6 y 4**, siguiendo la Tabla 4-2. Por lo tanto las vías de reposición determinadas en la Tabla 2-5, quedan clasificadas como lo muestra la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Clasificación y características de las vías de reposición.

Id	Clase de Carretera	Tipo de Camino Vecinal	TPDA	Superficie de Rodadura	Ancho de Calzada
40V_LCH2_1	V	4	<= 100	Capa granular sin revestimiento	4 m
91V_LCH2_1	V	4	<= 100	Capa granular sin revestimiento	4 m
93V_LCH2_1	V	4	<= 100	Capa granular sin revestimiento	4 m
37V_LCH2_2	V	4	<= 100	Capa granular sin revestimiento	4 m
9T_LCH2_1	IV	6	150 - 250	Capa granular de rodadura sin revestimiento	6 m
101V_AGT_1	V	4	<= 100	Capa granular sin revestimiento	4 m
126V_AGT_2	V	4	<= 100	Capa granular sin revestimiento	4 m

Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: LUIS BERGER INTERNATIONAL INC., & PROTECVIA CIA. LTDA. (Eds.). (1985). *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

4.2. Vehículo de Diseño

Las características físicas de un vehículo y sus proporciones, son factores clave en el diseño geométrico de una vía. Para ello es necesario identificar un vehículo que sea representativo de los que transitaran la vía a diseñarse.

Las normas de diseño geométrico en el Ecuador están basadas en las normas de diseño de la American Association of State Highway and Trasnportation Officials (AASHTO) [17], por lo que se considerará un vehículo de diseño de acuerdo a esta norma. Según la composición del tráfico en la zona, los vehículos representativos fueron los camiones de dos ejes simples; por lo que se ha escogido como vehículo de diseño el Single-Unit Truck (**SU-9**) [17], cuyas dimensiones se muestran en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4: Dimensiones del vehículo de diseño [17].

Tipo	Símbolo	Dimensiones (m)					
		En Conjunto			Sobresaliente		Distancia ejes
		Altura	Ancho	Longitud	Delantero	Trasero	
Single-Unit Truck	SU-9	3.35-4.11	2.44	9.14	1.22	1.83	6.10

Fuente: AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highway and Streets* (6ª ed.). American Association of State Highway and Transportation Officials.

4.3. Velocidad de Diseño

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" [18]. La velocidad de diseño se expresará como "Vd", y estará expresada en km/h.

Como se vio en el Capítulo 3.2.1, el tipo de terreno que prevalece es el montañoso; y utilizando el TPDA mostrado en la Tabla 4-3, se establecen las velocidades de diseño de acuerdo a la Tabla 4-5 del MTOP. Así, se ha seleccionado una Vd de **25 km/h** para los caminos vecinales tipo 4 y de **35 km/h** para los caminos vecinales tipo 6.

Tabla 4-5: Velocidad de diseño en función del TPDA y el tipo de terreno.

CATEGORIA DE LA VÍA	TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)											
		BÁSICA				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES							
		(RELIEVE LLANO)				(RELIEVE ONDULADO)				(RELIEVE MONTAÑOSO)			
		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad.		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad.		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad.	
		Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta	Recom.	Absoluta
R-I o RII	> 8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	3000 - 8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	1000 - 3000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	50
III	300 - 1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	100 - 300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	< 100	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

Notas:

Los valores recomendados se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite superior de la respectiva categoría de vía.
Los valores absolutos se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de vía y/o el relieve sea difícil o escarpado
La categoria IV incluye además los caminos vecinales tipo 5, 5E, 6 y 7 contenidos en el manual de caminos vecinales "Berger-Protecvia" 1984 y categoria v son
En zonas con perfiles de meteorización profundo (estribaciones) requerirán de un diseño especial considerando los aspectos geológicos.
Para la categoria IV y V en caso de relieve escarpado se podrá reducir la Vd min a 20 Km/h

Fuente: Ministerio de Obras Públicas. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.

4.3.1. Relación con la Velocidad de Circulación

"La velocidad de circulación es la velocidad real de un vehículo a lo largo de una sección específica de carretera y es igual a la distancia recorrida dividida para le

tiempo de circulación del vehículo,..” [18]. La velocidad de circulación dependerá del volumen del tráfico, teniendo velocidades de circulación menores para volúmenes de tráfico mayores.

El volumen de tráfico esperado en las vías de reposición será bajo, y de acuerdo a la Tabla 4-6, se tendrá una velocidad de circulación para caminos vecinales tipo 6 de **33 km/h**, y para los caminos vecinales tipo 4 de **24 km/h**.

Tabla 4-6: Relación entre velocidad de circulación y velocidad de diseño.

Velocidad de Diseño en Km/h	Velocidad de Circulación en Km/H Volumen de Transito		
	Bajo	Intermedio	Alto
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: Ministerio de Obras Públicas. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.

4.4. Secciones Transversales Típicas

En la literatura convencional sobre diseño geométrico de vías, la sección transversal no se considera como un parámetro general de diseño; sin embargo, para un trazado óptimo del alineamiento horizontal, es necesario conocer que ancho tendrá la sección transversal de la vía. Por esta razón, en el presente proyecto se ha considerado a la sección transversal como un parámetro general del diseño.

La sección transversal de una vía depende principalmente del volumen de tráfico, del terreno y por ende de la velocidad de diseño [18]. El ancho de la sección transversal está constituido por la calzada, los espaldones, los taludes interiores y las cunetas.

Para el diseño, se seguirán los valores recomendados por el Manual de Diseño de Caminos Vecinales [16], para los caminos tipo 4 y 6 mostrados previamente en la Tabla 4-2. Para tipos de suelo limosos y arcillosos, los taludes de corte se realizarán con una pendiente 0.5:1 y los de relleno con una pendiente 1.5:1 [16]; además, se dejará una berma de 0.60 m entre la cuneta y el talud de relleno como se observa en la Ilustración 4-1 e Ilustración 4-2. Ambos tipos de caminos tendrán una cuneta de forma triangular revestida de hormigón simple a ambos lados de la vía con un ancho de 0.75 m. De acuerdo a la Ley de Caminos, se tendrá un derecho de vía de 25 m desde el eje de la vía hacia cada uno de los costados [18]. Para superficies

no pavimentadas, se puede emplear un bombeo *P* de 2 – 6%, para prevenir la absorción de agua en la superficie [17].

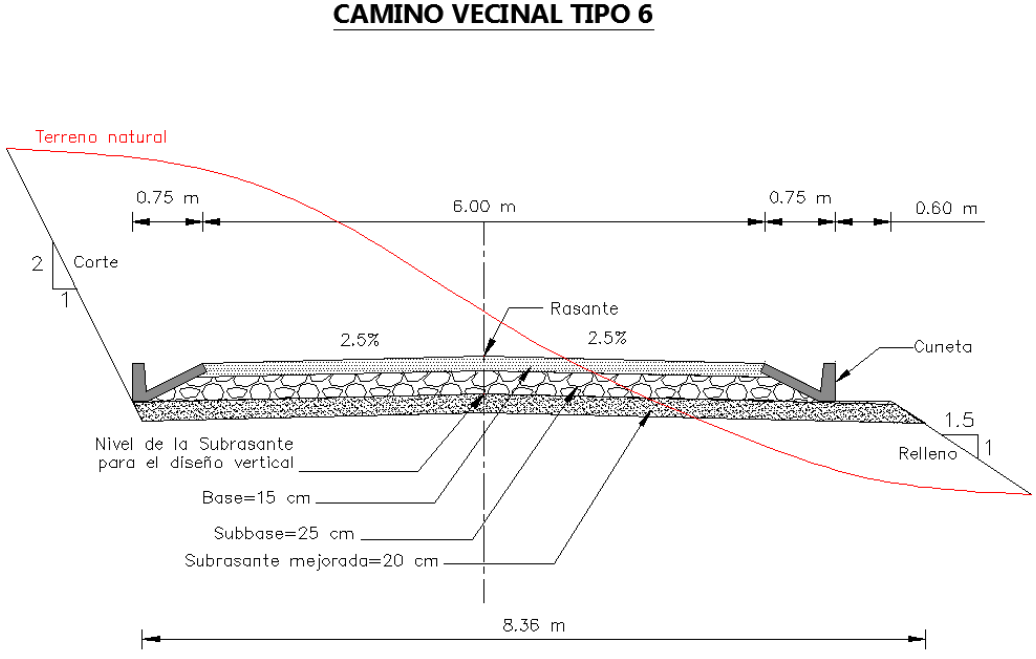
Para evitar caudales excesivos en las cunetas ubicadas en la base del talud de corte, en algunos tramos se agregará un canal paralelo a la vía, con un ancho de 0.71 m y una banqueta de 0.30 m entre el canal y la base del talud de corte. El diseño del canal y sus dimensiones se detallan posteriormente en el Capítulo 8.

La altura máxima del talud en corte que se espera en todas las vías es de 6.15 m. Siguiendo las recomendaciones del Manual de Caminos Vecinales, se ha establecido que para taludes superiores a los 4.5 m de altura, se realizará un escalonamiento divido en dos partes (A1 y As), con una berma entre estas de 1 m de ancho y una pendiente transversal de 15:1. En estos casos la altura A1 será igual a 4.5 m y As cubrirá la altura restante (máximo 2.5 m).

4.4.1. Camino Vecinal Tipo 6

El ancho de calzada será de 6 m, con capa granular de rodadura sin revestimiento con pendiente transversal (bombeo) de 2.5 % para todas las capas del pavimento; los espesores del pavimento son determinados posteriormente en el diseño del pavimento. Con el fin de abaratar costos, la vía no tendrá espaldones.

Ilustración 4-1: Sección transversal mixta para caminos vecinales tipo 6.



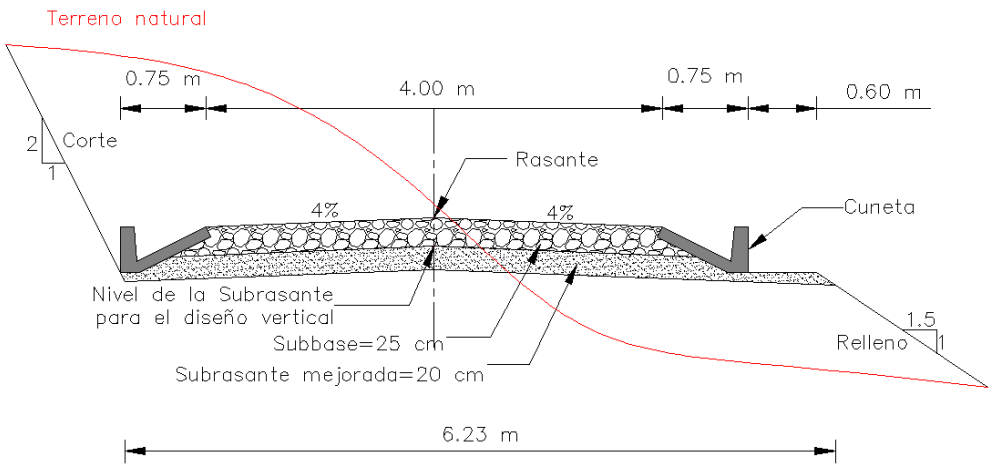
Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

4.4.2. Camino Vecinal Tipo 4

La calzada estará conformada por un solo carril con un ancho de 4 m sin espaldón con una capa granular de rodadura sin revestimiento con pendiente transversal (bombeo) de 4.0 % para todas las capas del pavimento; cuyos espesores son determinados posteriormente en el diseño del pavimento. Cada 250 m se efectuará

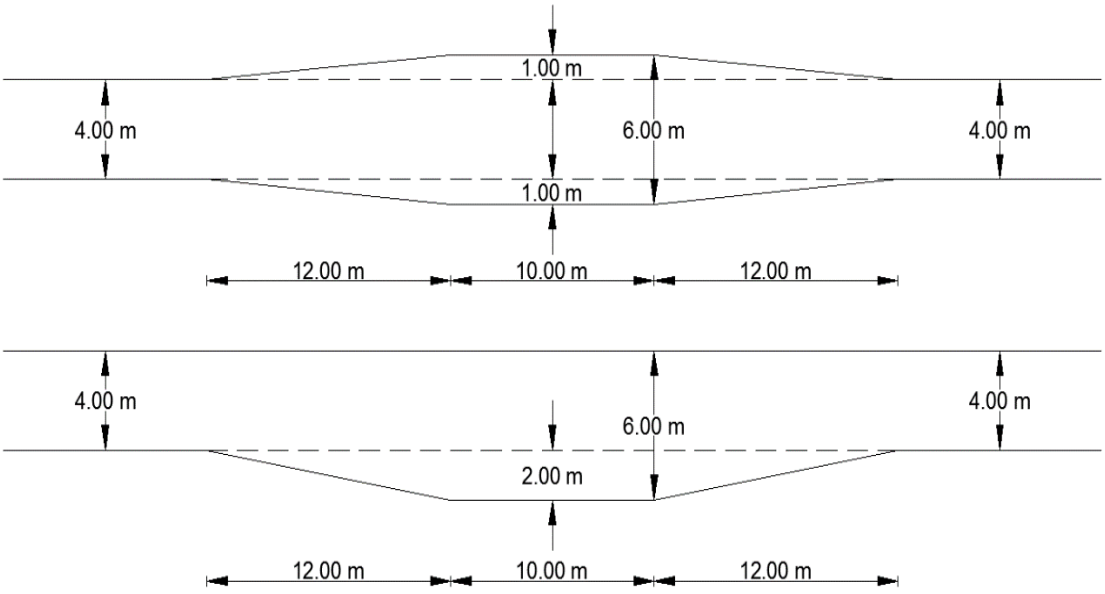
un ensanchamiento para permitir el rebasamiento y el tránsito en sentidos contrarios [16]. Dependiendo de las características topográficas de la zona, se utilizará una de las dos alternativas mostradas en la Ilustración 4-3; en donde se tiene una longitud de transición de 12 m y una longitud con ensanchamiento completo de 10 m para ambos casos.

Ilustración 4-2: Sección transversal mixta para caminos vecinales tipo 4.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ilustración 4-3: Ensanchamientos en caminos de un carril.



Fuente: LUIS BERGER INTERNATIONAL INC., & PROTECVIA CIA. LTDA. (Eds.). (1985). *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

4.5. Gradientes Longitudinales Máximas y Mínimas

Este parámetro también depende del volumen de tránsito, de la topografía del terreno y de la velocidad de diseño [19]. Mientras menores sean sus valores, mejor será la circulación del tráfico en la vía y facilitará la operación de los vehículos [18].

En la Tabla 4-7 se muestran los valores recomendados por el MTOP. Teniendo para los caminos vecinales tipo 6, el valor recomendable de **8%** y el absoluto de **12%**; y para los caminos vecinales tipo 4 el recomendable de **8%** y el absoluto de **14%**.

Tabla 4-7: Gradientes (pendientes) longitudinales máximas en porcentaje.

Categoría de la Vía	TPDA Esperado	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
		LL	O	M	LL	O	M
R-I o RII	> 8000	2	3	4	3	4	6
I	3000 - 8000	3	4	6	3	5	7
II	1000 - 3000	3	4	7	4	6	8
III	300 - 1000	4	6	7	6	7	9
IV	100 - 300	5	6	8	6	8	12
V	< 100	5	6	8	6	8	14

LL = Llano O = Ondulado M = Montañoso

La gradiente y la longitud máxima pueden adaptarse a los siguientes valores:

1000 metros para gradientes del 8 - 10 %

500 metros para gradientes del 10 - 12 %

250 metros para gradientes del 12 - 14 %

Fuente: Ministerio de Obras Públicas. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.

La pendiente longitudinal mínima para todo tipo de vía será de **0.5%**, por razones de drenaje [16].

5. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El diseño geométrico de una vía involucra tres aspectos fundamentales: el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y la sección transversal.

"El *diseño geométrico en planta* de una carretera, o *alineamiento horizontal*, es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados *tangentes*, enlazados entre sí por *curvas*." [19]

El diseño se realiza ubicando en primer lugar las tangentes y luego las curvas, cumpliendo ciertos parámetros de diseño. Para optimizar dicho diseño, previo al trazado de las tangentes, se ha realizado el trazado de la línea de ceros para todas las vías de reposición.

Por motivos de espacio, en el documento impreso de este proyecto no se presentan los gráficos, tablas, y resultados obtenidos para todas las siete vías. El documento completo será entregado de forma digital en formato PDF.

5.1. Línea de Ceros

5.1.1. Concepto

"La *línea de pendiente* es aquella línea que, pasando por los puntos obligados del proyecto, conserva la pendiente uniforme especificada y que de coincidir con el eje de la vía, éste no aceptaría cortes ni rellenos, razón por la cual también se le conoce con el nombre de *línea de ceros*" [19].

El trazado de la línea de ceros se realiza con el objetivo de escoger la ruta más adecuada para la posterior ubicación del eje de la vía; y mientras más cerca se ubique dicho eje de la línea de ceros, menor será el movimiento de tierra.

Considerando los puntos *A* y *B* sobre las curvas de nivel sucesivas, la pendiente de la línea recta *AB*, que los une es [19]:

$$Pendiente\ de\ AB = \tan\alpha = \frac{BC}{AC} \qquad \text{Ecuación 5-1}$$

Dónde:

AC = Distancia horizontal entre curvas de nivel sucesivas.
BC = Diferencia de nivel entre curvas o equidistancia.
tan α = Pendiente de la línea recta *AB*. Pendiente de la línea de ceros.

5.1.2. Trazado

El trazado de las líneas de ceros para las siete vías de reposición, se realizó utilizando el programa AutoCAD Civil 3D, con una topografía generada (con el mismo programa) a partir del archivo MDT con curvas de nivel cada metro.

Como se vio en el Capítulo 3.2.1 la topografía de la zona es montañosa y en algunos casos escarpada. Sin embargo en las zonas elevadas se tienen pequeñas

planicies, y es ahí donde se han ubicado las vías de reposición. El trazado de las líneas de ceros se realizará con pendientes inferiores a las gradientes longitudinales máximas recomendadas (8%) en el Capítulo 4.5, y evitando en lo posible utilizar las gradientes máximas absolutas (12% para tipo 6 y 14% para tipo 4).

Para las vías de reposición 91V_LCH2_1, 93V_LCH2_1, 101V_AGT_1 y 126_AGT_2, las líneas de ceros trazadas se mantienen en la mayor parte de su trazado en zonas elevadas y siguen la topografía sin mayores dificultades. Por lo tanto para estas vías las pendientes o gradientes longitudinales del eje de la vía serán bajas. En el Anexo B se muestra el trazado de las líneas de ceros para estas vías.

Para la vía 40V_LCH2_1, la mayor parte de la línea de ceros también se mantienen en zonas elevadas, a excepción de una pequeña depresión en la cual se ha utilizado la gradiente longitudinal máxima recomendada (8%). El trazado se encuentra en el Anexo B.

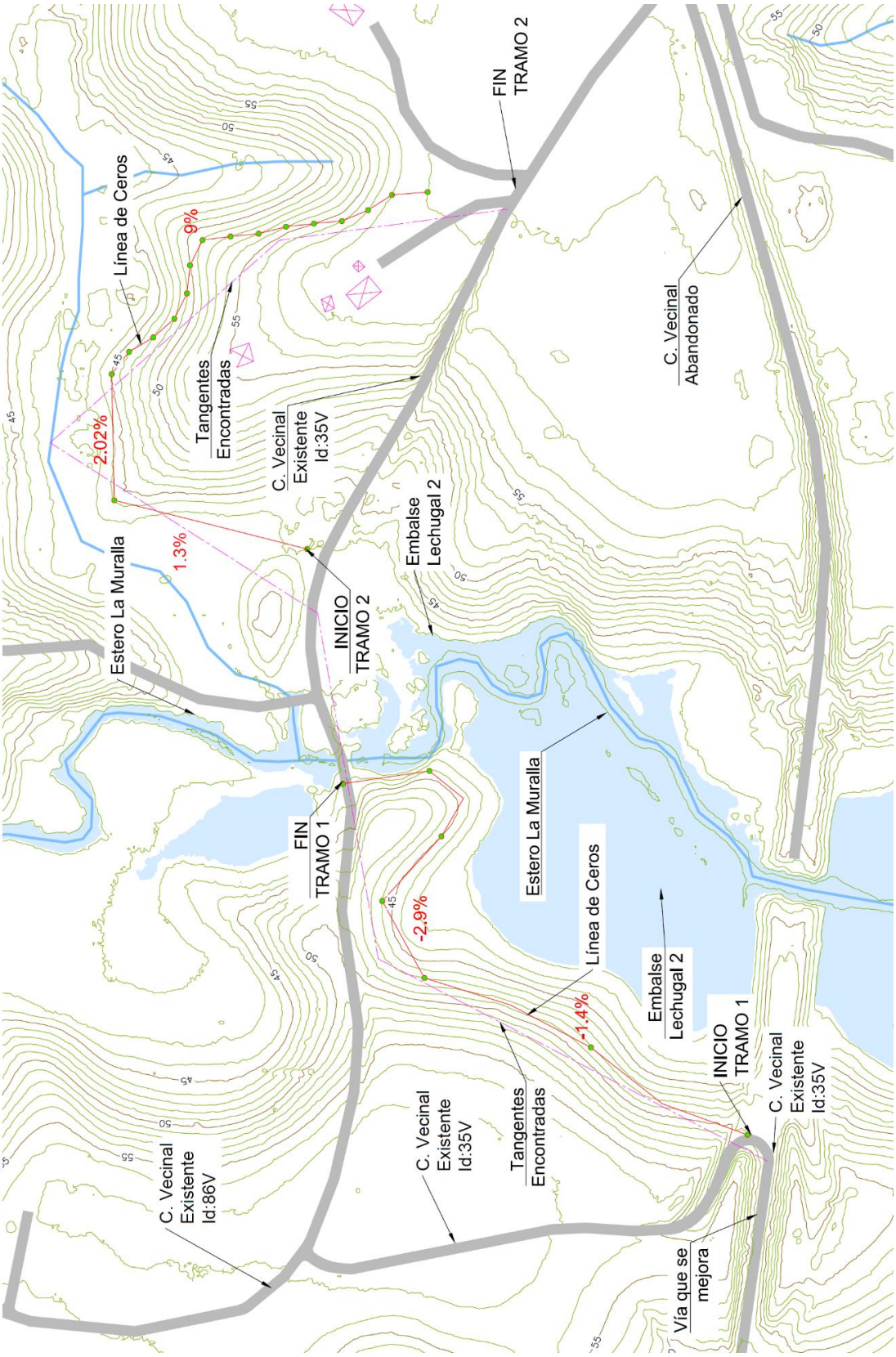
Para la vía 37V_LCH2_1, se ha dividido el trazado en dos tramos (1 y 2) que atraviesan zonas accidentadas. En ambos tramos se utiliza la gradiente longitudinal máxima recomendada (8%). En el primero no se tendrá dificultades en el trazado horizontal; mientras que en el segundo, se tienen cambios de dirección pronunciados, lo que dificultará el trazado horizontal de la vía. El trazado de la línea de ceros se encuentra en el Anexo B.

La vía 35V se mejorara con la vía de reposición 9T_LCH2_1, y el eje de la vía tendrá que modificarse en dos tramos, para los cuales se ha realizado el trazado de la línea de ceros. Estos dos tramos representan el descenso hacia la llanura aluvial que ha formado el estero La Muralla. En el primer tramo se tiene una pendiente transversal a la vía mayor al 12%, por lo que se tendrán fuertes cortes y rellenos. Debido a la topografía montañosa, en el segundo tramo se utilizó una línea de ceros con una pendiente de 9% que es mayor a la recomendada (8%) pero menor a la absoluta (12%). El trazado de la línea de ceros para esta vía se muestra en la Ilustración 5-1.

5.2. Tangentes Horizontales

El trazado de las tangentes que posteriormente constituirán el eje de las vías de reposición, se realizó utilizando el software AutoCAD Civil 3D. Para poder trazar estas tangentes, se realizó el trazado de segmentos de recta que mejor se ajusten a las líneas de ceros de las siete vías de reposición. Con el objetivo de asegurar que la sección transversal de la vía se encuentre en lo posible en corte, estos segmentos han sido considerados como el borde externo de la misma.

Ilustración 5-1: Trazado de la línea de ceros y tangentes del alineamiento horizontal para la vía 9T_LCH2_1.



En el Capítulo 4.4 se determinaron los anchos de las secciones transversales mixtas para caminos vecinales tipo 6 y 4. Utilizando estos anchos, se estableció la distancia equivalente a la mitad de la sección transversal mixta (distancia entre el borde y el eje), teniendo **4.20 m** y **3.15 m** para los caminos tipo 6 y 4 respectivamente. Finalmente, para cada segmento de recta (borde de la vía), se trazan las tangentes que constituirán el eje de la vía, a una distancia igual a la mitad de la sección transversal establecida para cada camino.

En la Ilustración 5-1, se muestra el trazado de las tangentes para la vía 37V_LCH2_2, las mismas se muestran con color magenta y se encuentran a una distancia de 3.15 m de los segmentos de recta (color negro) que se ajustan a la línea de ceros, y que serán el borde externo de la vía.

Las tangentes encontradas para las demás vías de reposición se muestran en el Anexo B.

5.3. Curvas Circulares Simples

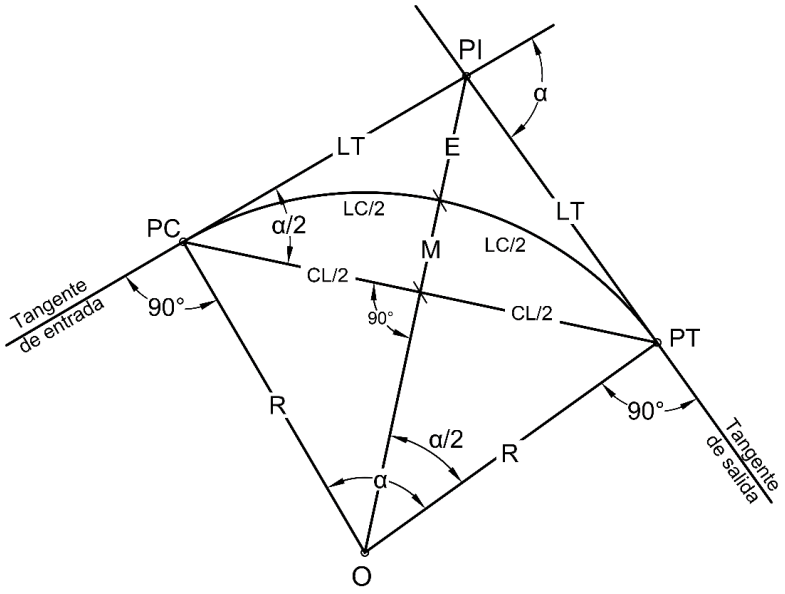
"Las *curvas horizontales circulares simples* son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales"[19]. "Una curva simple puede doblar hacia la derecha o hacia la izquierda, recibiendo entonces ese calificativo" [20].

5.3.1. Elementos Geométricos

En la Ilustración 5-2 se muestran los elementos geométricos de la curva circular simple que son [19]:

- PI = Punto de intersección de la prolongación de las tangentes o vértice de la curva.
- PC = Principio de la curva: punto donde termina la tangente de entrada.
- PT = Fin de la curva: punto donde inicia la tangente de salida.
- O = Centro de la curva circular.
- α = Ángulo de deflexión formado por las tangentes. Es igual al ángulo central formado por el arco PC-PT.
- R = Radio de la curva circular simple.
- LT = Tangente: distancia desde el PI al PC o desde el PI al PT.
- LC = Longitud de la curva circular: distancia desde el PC al PT a lo largo del arco circular.
- CL = Cuerda larga: distancia en línea recta desde el PC al PT.
- E = External: distancia desde el PI al punto medio del arco LC.
- M = Ordenada media: distancia desde el punto medio del arco LC al punto medio de la cuerda larga.

Ilustración 5-2: Elementos geométricos de una curva circular simple.



Fuente: Cárdenas Grisales, J. (2008). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: ECOE.

5.3.2. Expresiones que Relacionan los Elementos Geométricos

"Los elementos geométricos se relacionan entre sí, dando origen a expresiones que permiten el cálculo de la curva."[19].

$$LT = R * tan(\alpha/2) \quad \text{Ecuación 5-2}$$

$$LC = \pi * R * (\alpha/180) \quad \text{Ecuación 5-3}$$

$$CL = 2 * R * sen(\alpha/2) \quad \text{Ecuación 5-4}$$

$$E = R * (sec(\alpha/2) - 1) \quad \text{Ecuación 5-5}$$

$$M = R * \left(1 - cos(\alpha/2)\right) \quad \text{Ecuación 5-6}$$

$$PC = PI - T \quad \text{Ecuación 5-7}$$

$$PT = PC - LC \quad \text{Ecuación 5-8}$$

5.3.3. Grado de Curvatura

"Es el ángulo formado por un arco de 20 metros. Su valor máximo es el que permite recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño"[18]. El grado de curvatura (G_c) es igual:

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360}{2\pi R}$$

$$G_c = \frac{1145.92}{R} \quad \text{Ecuación 5-9}$$

El grado de curvatura se calculará para los radios mínimos que se establecen posteriormente en el Capítulo 5.4.3.

5.4. Estabilidad en Curvas Horizontales

"Cuando un vehículo circula sobre una curva horizontal, actúa sobre él una *fuerza centrífuga F* que tiende a desviarlo radialmente hacia afuera de su trayectoria normal." Para que la fuerza de fricción producida entre las llantas y el pavimento no sea la única fuerza que contrarreste el movimiento lateral del vehículo, se le da una inclinación transversal a la calzada conocida como *peralte "e"*. Este peralte hace que la calzada absorba parte de la fuerza F, además de provocar que parte del peso del vehículo actué hacia el centro de la curva.

Obtenida de las leyes de la mecánica, la ecuación básica que gobierna el movimiento de un vehículo en una curva es [17]:

$$\frac{0.01e + f}{1 - 0.01ef} = \frac{v^2}{gR} = \frac{0.0079V^2}{R} = \frac{V^2}{127R}$$

Ecuación 5-10

Dónde:

e = Peralte en porcentaje
f = Coeficiente de fricción lateral
v = Velocidad del vehículo, m/s
g = Aceleración gravitacional, 9.81m/s^2
V = Velocidad del vehículo, km/h
R = Radio de la curva medido en el centro de gravedad del vehículo, m

Cuando el vehículo viaja a una velocidad constante tal que *f* es igual a cero, la aceleración lateral es absorbida por una componente del peso del vehículo y, teóricamente, no se necesita fuerza para direccionar el vehículo [17]. Para velocidades diferentes a esta velocidad de "equilibrio", se tendrá un factor de fricción que evite que el vehículo se deslice hacia afuera o hacia adentro de la curva.

La AASHTO ha realizado extensas investigaciones para determinar valores límite para el peralte (e_{max}) y para el coeficiente de fricción lateral (f_{max}). La utilización de estos valores límite en el diseño de la curva horizontal, permite obtener radios mínimos para diferentes velocidades de diseño. El uso de radios mayores al mínimo, permite que el peralte y el coeficiente de fricción lateral tengan valores inferiores al límite[17].

5.4.1. Peralte

"El uso del peralte provee comodidad y seguridad al vehículo que transita sobre el camino en curvas horizontales, sin embargo el valor del peralte no debe sobrepasar ciertos valores máximos ya que un peralte exagerado puede provocar el deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva cuando el mismo circula a baja velocidad." [18]

El valor del peralte es adimensional (m/m), aunque usualmente se expresa en porcentaje, como en la Ecuación 5-10. El valor del peralte se calcula con la siguiente ecuación:

$$e = \tan\theta$$ Ecuación 5-11

Dónde:
e = Peralte de la calzada, m/m
θ = Ángulo formado por la superficie de la calzada y la horizontal, en grados

Para evitar accidentes debido a peraltes excesivos, investigaciones han determinado que se contrarreste la fuerza centrífuga aproximadamente en un 55% con el peralte y el restante 45% con la fricción lateral [18].

El MTOP recomienda para caminos con capa granular de rodadura un peralte máximo de 8% [18]. Por lo tanto los caminos vecinales tipo 6 y 4, tendrán un peralte máximo de **8%**.

5.4.2. Coeficiente de Fricción Lateral

El coeficiente de fricción lateral *f* es la fuerza de fricción dividida por la componente del peso perpendicular a la superficie del pavimento, y se expresa como una simplificación de la formula mostrada en la Ecuación 5-10. El valor del producto *ef* en esta fórmula es siempre pequeño; por lo tanto, el termino 1-0.01*ef* es cercano a 1.0 y normalmente se omite en el diseño de una vial. La omisión de este término da como resultado en la siguiente ecuación [17]:

$$f = \frac{V^2}{127R} - 0.01e$$

Ecuación 5-12

El límite superior del coeficiente de fricción lateral es el punto en el cual la llanta comienza a patinar. El coeficiente es determinado con un margen de seguridad amplio para evitar que los vehículos derrapen [17].

El coeficiente de fricción lateral que evita que patine la llanta depende de otros factores, entre los que se destacan la velocidad del vehículo, el tipo y la condición de la superficie de rodadura, y las condiciones en las que se encuentran los neumáticos del vehículo [17].

Estudios muestran que los valores de la fricción decrecen cuando aumenta la velocidad [17]. Para la determinación de los coeficientes de fricción lateral para los caminos tipo 6 y 4, se utilizará la Tabla 5-1 obtenida del Manual de Diseño de Caminos Vecinales del MTOP. Los valores mostrados en esta tabla son inferiores que los recomendados por la AASHTO; pero como se puede observar en la Ecuación 5-12, el radio es inversamente proporcional al coeficiente de fricción lateral, por lo que se estará trabajando del lado de la seguridad. Para los caminos

vecinales tipo 6 se ha determinado un coeficiente de fricción lateral de **0.170**, y para los caminos tipo 4 de **0.175**.

Tabla 5-1: Peraltes máximos, coeficientes de fricción máximos y radios mínimos para caminos vecinales en función de la velocidad de diseño.

TIPO	**4, 4E, 5, 5E**				**6 y 7**			
Vd (km/h)	30	40	50	60	50	60	70	80
$e_{max.}$	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
$f_{max.}$	0.175	0.170	0.165	0.160	0.165	0.160	0.150	0.140
R_{min} (m)	30	50	80	120	80	120	170	230

Fuente: LUIS BERGER INTERNATIONAL INC., & PROTECVIA CIA. LTDA. (Eds.). (1985). *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

5.4.3. Radio Mínimo

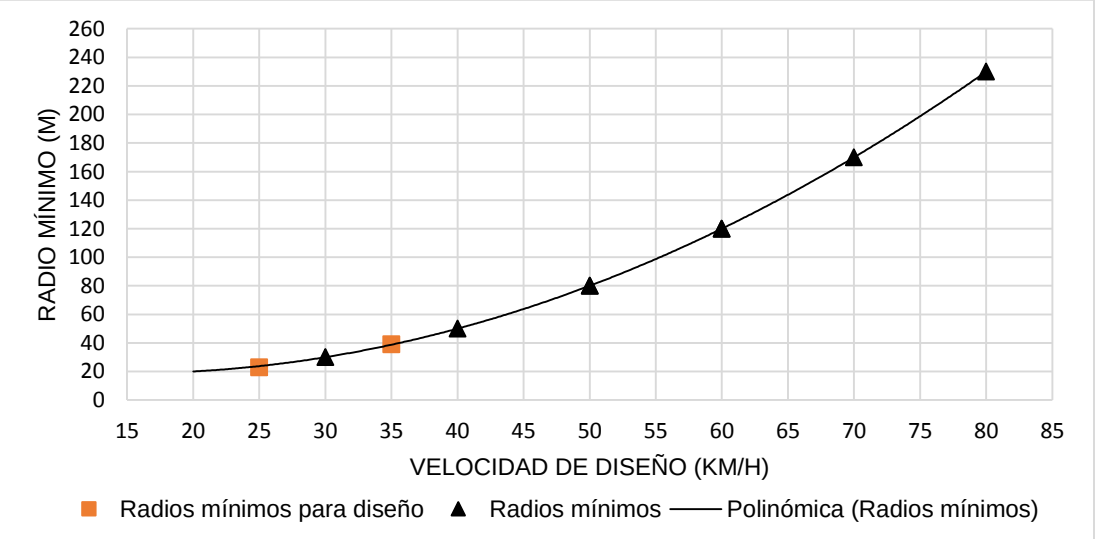
"El radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que posibilita la seguridad en el tránsito a una velocidad de diseño dada en función del máximo peralte (e_{max}) adoptado y el coeficiente (f_{max}) de fricción lateral correspondiente."[18]. El radio mínimo de curvatura puede calcularse directamente de la Ecuación 5-12 [17].

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{max} + f_{max})}$$

Ecuación 5-13

Utilizando en la Ecuación 5-13 los valores e_{max} (8%) y f_{max} (0.170 y 0.175) definidos previamente, se obtienen radios mínimos de 38.54 m y 19.28 m para los caminos tipo 6 y 4 respectivamente.

Ilustración 5-3: Radios mínimos para diferentes velocidades de diseño.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuente: LUIS BERGER INTERNATIONAL INC., & PROTECVIA CIA. LTDA. (Eds.). (1985). *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

En la Tabla 5-1 también se tienen valores de radios mínimos para diferentes velocidades, entre las cuales no se encuentran las utilizadas en este estudio. Para obtener los radios mínimos para las velocidades requeridas, se han graficado los valores de Vd y R_{min} de la Tabla 5-1, obteniendo la Ilustración 5-3. Los valores han sido ajustados con una función polinómica de segundo orden; encontrando así, para una velocidad de diseño de 25 km/h un radio mínimo de 23 m, y para 35 km/h un radio mínimo de 39 m. Estos valores encontrados son redondeados por seguridad, teniendo un radio mínimo para los caminos vecinales tipo 6 de **40 m** y para los caminos vecinales tipo 4 de **25 m**.

Utilizando la Ecuación 5-9, se calculan los grados de curvatura para los radios mínimos establecidos; teniendo valores de G_c iguales a 28.65 y 45.84 para caminos tipo 6 y 4 respectivamente.

5.4.4. Distribución del Peralte para un Rango de Curvas

Para una velocidad de diseño dada, en los manuales de diseño geométrico de carreteras de la AASHTO, se resaltan 5 métodos para la distribución del peralte y el coeficiente de fricción lateral, para curvas con radios superiores al mínimo.

- Método 1. El peralte y la ficción lateral están en proporción inversa al radio.
- Método 2. La fricción lateral es tal que resiste toda la aceleración lateral.
- Método 3. El peralte esta tal que soporta toda la aceleración lateral.
- Método 4. Igual que el método 3, pero con la utilización de la velocidad de circulación.
- El peralte y la fricción lateral están en una relación curvilínea con el inverso del radio.

Para los caminos vecinales se utilizará el método 1, que en términos matemáticos puede expresarse de la siguiente manera [21].

$$e_1 = \frac{R_{min}}{R} e_{max} \quad (R_{min} \leq R \leq \infty)$$

Ecuación 5-14

Dónde:

R = Radio de la curva horizontal (superior al radio mínimo), m
R_{min} = Radio mínimo para una determinada velocidad de diseño, km/h
e_{max} = Peralte máximo en porcentaje
e_1 = Peralte en porcentaje correspondiente al radio R

Para una velocidad dada, después de un cierto radio la aceleración lateral es tan baja, que ya no será necesario peraltar la calzada. Se recomienda también un rango de radios en el cual la calzada tendrá un peralte igual al valor del bombeo. Los peraltes calculados con la Ecuación 5-14 para los caminos vecinales tipo 6 y 4 se muestra en la Tabla 5-3.

5.5. Transición del Peralte

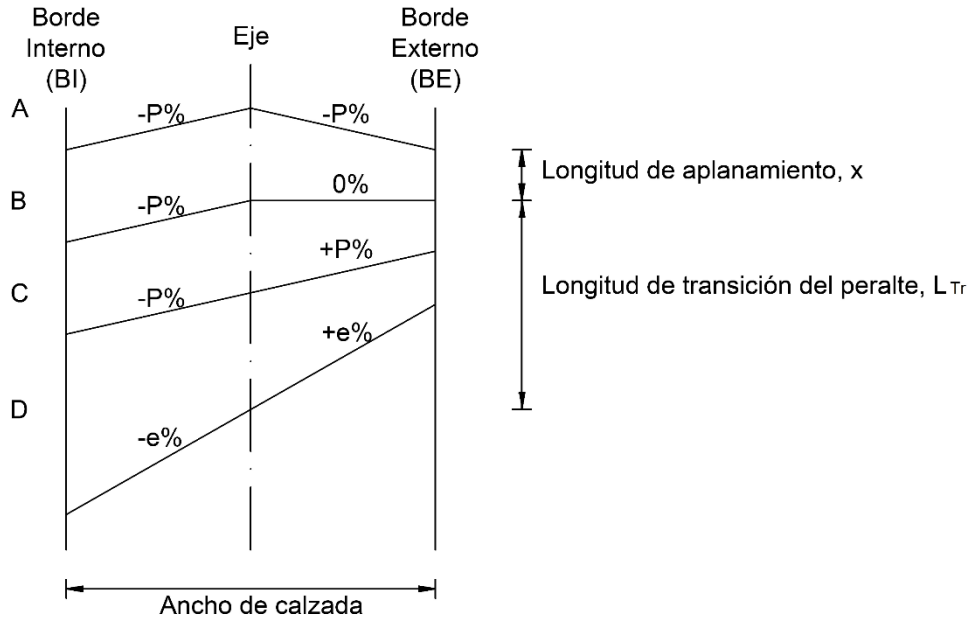
"Cada vez que se pasa de una alineación recta a una curva, se tiene que realizar una transición de una sección transversal, de un estado de sección normal al estado de sección completamente peraltada o viceversa, en una longitud necesaria para efectuar el desarrollo del peralte."[18]

Existen tres formas para pasar de una sección normal con bombeo a una peraltada:

- Rotando la calzada alrededor de su eje central
- Rotando la calzada alrededor de su borde exterior
- Rotando la calzada alrededor de su eje interior

El primer método es el más conveniente, ya que el desnivel relativo entre los bordes con respecto al eje, es más uniforme [19]. Para este proyecto se realizará la transición del peralte utilizando el primer método para todas las curvas de las vías de reposición.

Ilustración 5-4: Etapas de la sección transversal en la transición del peralte.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

En este método la sección transversal de la calzada pasa por las siguientes etapas:

A. Sección Normal: EL borde externo e interno de la calzada se encuentran a la misma altura. Cada carril tiene su bombeo normal *P*.
B. Sección Aplanada: El borde externo se encuentra al mismo nivel que el eje central, teniendo un bombeo igual a 0%.
C. Sección Invertida: El borde exterior se encuentra sobre el eje central, de tal manera que toda la calzada tiene un peralte igual al bombeo *P*.
D. Sección Peraltada: El borde exterior e interior han ascendido y descendido respectivamente, para darle el peralte *e* a toda la calzada.

La sección transversal de la vía para cada una de estas etapas se muestra en la Ilustración 5-4. El signo + o – indica respectivamente si el carril se encuentra por encima o por debajo del eje central.

Como se indica en la Ilustración 5-4, la longitud necesaria para que se desarrolle el peralte estará formada por dos distancias conocidas como: longitud de aplanamiento *x* y longitud de transición L_{Tr}. Esta longitud estará en función de que tan rápido se hace girar los bordes de la calza; para ello se establecerá un valor conocido como gradiente longitudinal relativa *i*.

5.5.1. Gradiente Longitudinal Relativa *i*

Es la diferencia de pendientes longitudinales entre los bordes y el eje de la vía. Los valores máximos recomendados por el MTOP se muestran en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2: Gradientes longitudinales relativas máximas.

Vd (km/h)	i (%)	Vd (km/h)	I (%)	Vd (km/h)	I (%)
20	0.8	50	0.65	100	0.43
25	0.775	60	0.6	110	0.4
30	0.75	70	0.55	120	0.37
35	0.725	80	0.5		
40	0.7	90	0.47		

Fuente: Ministerio de Obras Públicas. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.

Ya que se cuenta con una topografía difícil, se utilizaran los valores máximos permitidos mostrados en la Tabla 5-2. El valor para los caminos vecinales tipo 6 es de **0.725%**, y para los tipo 4 una de **0.775%**. En la Ilustración 5-5 se muestra la variación de altura de los bordes de la calzada en la curva horizontal.

5.5.2. Longitud de Aplanamiento *x*

Es la longitud necesaria para que el carril exterior pierda su bombeo o se aplane [19].

$$x = \frac{b * P}{i}$$

Ecuación 5-15

Dónde:

P = Bombeo del carril en porcentaje
b = Ancho del carril, m
i = Gradiente de borde en porcentaje

Utilizando la Ecuación 5-15 se han calculado las longitudes de aplanamiento, teniendo **10.34 m** para los caminos vecinales tipo 6 y **10.32 m** para los tipo 4.

5.5.3. Longitud de Transición L_{Tr}

Es la longitud comprendida entre la sección en la cual el carril exterior se encuentra sin bombeo, y la sección en la cual la calzada se encuentra completamente

peraltada. Para curvas circulares se recomienda ubicar 2/3 de la longitud de transición en tangente y 1/3 en curva; y en casos extremos 1/2 en tangente y 1/2 en curva [18].

$$L_{Tr} = \frac{e * b}{i}$$

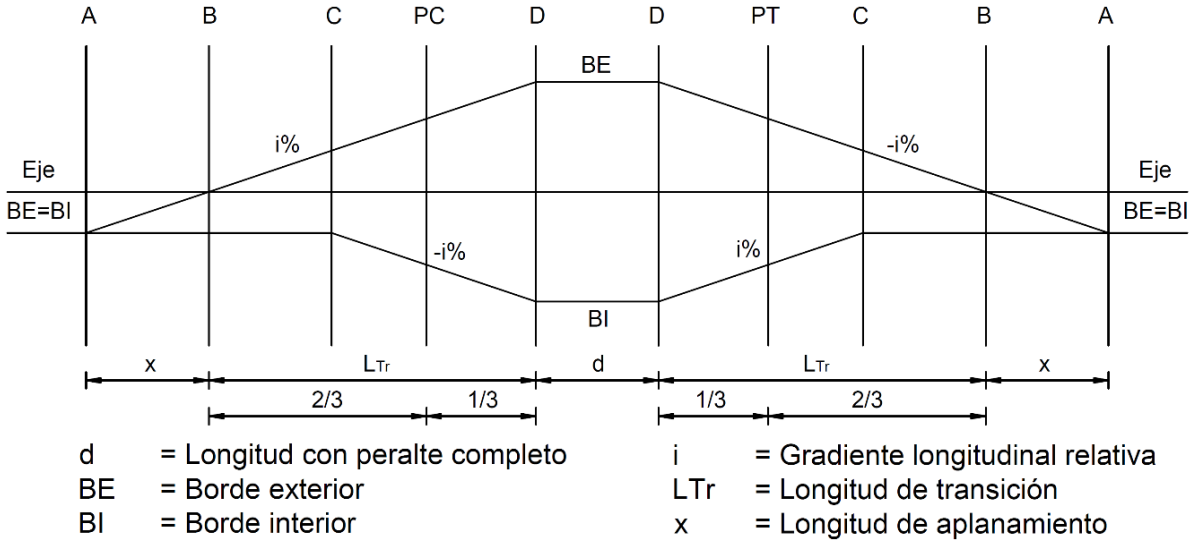
Ecuación 5-16

Dónde:

i = Gradiente de borde en porcentaje
b = Ancho del carril, m
e = Peralte en porcentaje

Las longitudes de transición para los caminos vecinales tipo 6 y tipo 4, para diferentes radios de curva, se muestran en la Tabla 5-3.

Ilustración 5-5: Diagrama de transición del peralte en una curva circular.



Elaborado por Sebastián Bolaños A. Fuente: Cárdenas Grisales, J. (2008). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: ECOE.

5.6. Tangente Intermedia Mínima

La tangente intermedia es la distancia comprendida entre el final de una curva (PT curva 1) y el inicio de la siguiente (PC curva 2) [18]. Cuando se tienen dos curvas consecutivas con sentidos opuestos, es necesario contar con una distancia mínima que permita la rotación de la calzada para obtener los peraltes requeridos por las curvas. La tangente intermedia mínima se calculará para dos curvas consecutivas con sentido contrario y con peralte máximo (8%).

Como se vio en el Capítulo 5.5, la variación del peralte se desarrolla mediante dos longitudes (*x* y L_{Tr}); sin embargo, x y 2/3 de L_{Tr} se encuentran en tangente, por lo que la tangente intermedia mínima entre dos curvas se expresa como:

$$T_{IM} = \frac{2}{3}L_{Tr1} + \frac{2}{3}L_{Tr2} + x_1 + x_2$$

Ecuación 5-17

Dónde:

T_{IM} = Tangente intermedia mínima, m
L_{Tr1} = Longitud de transición de la curva 1, m
L_{Tr2} = Longitud de transición de la curva 2, m
x_1 = Longitud de aplanamiento de la curva 1, m
x_2 = Longitud de aplanamiento de la curva 2, m

Para casos extremos, cuando la transición del peralte se distribuye ½ en tangente y ½ en curva, tenemos:

$$T_{IM} = \frac{1}{2}L_{Tr1} + \frac{1}{2}L_{Tr2} + x_1 + x_2$$

Ecuación 5-18

Utilizando las Ecuación 5-17 y Ecuación 5-18, para caminos vecinales tipo 6 se ha calculado una tangente intermedia mínima igual a **64.83 m** y para el caso extremo **53.79 m**; mientras que para caminos vecinales tipo 4 será de **48.17 m** y **41.29 m** en el caso extremo.

En el trazado del alineamiento horizontal se ha procurado que todas las tangentes intermedias sean mayores a las mínimas establecidas; sin embargo, para curvas cuyo peralte sea menor al máximo, se ha calculado la tangente intermedia requerida para el caso normal y el caso extremo.

5.7. Sobreancho

"Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, ocupa un ancho de calzada mayor que en recta, Esto es debido a que por la rigidez y dimensiones del vehículo, sus ruedas traseras siguen una trayectoria distinta a la de las ruedas delanteras, ocasionando dificultad a los conductores para mantener su vehículo en el eje del carril de circulación correspondiente." [19]

Conociendo esta dificultad, es necesario aumentar el ancho de la calzada en las curvas horizontales, con el fin de permitir el tránsito de los vehículos con total seguridad y comodidad. Este aumento en el ancho de la calzada es conocido como *Sobreancho "S" de la curva* [19].

El Sobreancho se ubicará únicamente en el borde interno de la vía y se distribuirá tanto en la curva horizontal y como en la tangente, de igual forma que el peralte. Para su cálculo se emplea la siguiente formula empírica [18].

$$S = n\left(R - \sqrt{R^2 - L^2}\right) + \frac{V_d}{10\sqrt{R}}$$

Ecuación 5-19

Dónde:

S = Valor de Sobreancho, m

n = Número de carriles de la calzada.
R = Radio de la curva circular, m
L = Longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, m
V_d = Velocidad de diseño, km/h

Los sobreanchos calculados para los caminos vecinales tipo 6 y tipo 4 se muestran en la Tabla 5-3. El MTOP recomienda que para velocidades de hasta 50 km/h el valor mínimo del sobreancho sea de **0.30 m** [18].

Tabla 5-3: Peralte, longitud de transición y sobreancho para diferentes radios en caminos vecinales tipo 6 y tipo 4.

Caminos Vecinales Tipo 6				Caminos Vecinales Tipo 4			
R (m)	e (%)	LTr (m)	s (m)	R (m)	e (%)	LTr (m)	s (m)
40	8.0	33.10	1.90	25	8.0	20.65	1.60
50	6.4	26.48	1.57	30	6.7	17.20	1.36
60	5.3	22.07	1.35	40	5.0	12.90	1.07
70	4.6	18.92	1.19	50	4.0	10.32	0.89
80	4.0	16.55	1.06	60	4.0	10.32	0.77
90	3.6	14.71	0.97	70	4.0	10.32	0.68
100	3.2	13.24	0.89	80	0.0	10.32	0.62
110	2.9	12.04	0.82	90	0.0	10.32	0.56
120	2.7	11.03	0.77	100	0.0	10.32	0.52
130	2.5	10.34	0.72	110	0.0	10.32	0.48
140	2.5	10.34	0.68	120	0.0	10.32	0.45
150	2.5	10.34	0.64	130	0.0	10.32	0.43
175	2.5	10.34	0.57	140	0.0	10.32	0.40
200	2.5	10.34	0.52	150	0.0	10.32	0.38
250	0.0	10.34	0.44	175	0.0	10.32	0.34
300	0.0	10.34	0.38	200	0.0	10.32	0.31
400	0.0	10.34	0.31	-	-	-	-
500	0.0	10.34	0.30	-	-	-	-
750	0.0	10.34	0.30	-	-	-	-
1000	0.0	10.34	0.30	-	-	-	-
2000	0.0	10.34	0.30	-	-	-	-

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

5.8. Trazado

En el Capítulo 5.2 se colocaron las tangentes del alineamiento, por lo que el siguiente paso consiste en colocar las curvas que enlazan dichas tangentes. Los radios de las curvas circulares simples, se escogen de manera que las curvas que estos originen, se adapten a la topografía del terreno; es decir, que sigan el trazado de la línea de ceros (con la separación correspondiente a la media vía). Estos radios no deben ser menores a los radios mínimos establecidos en el Capítulo 5.4.3. Cuando la topografía no es un obstáculo, se tomarán radios elevados, ya que esto facilita la conducción de los vehículos por la vía.

La colocación de las curvas horizontales y sus elementos se realiza utilizando las Ecuaciones 5-3 a 5-9. El trazado y medición de los elementos del alineamiento horizontal se realizó mediante el programa AutoCAD Civil 3D.

Una vez ubicadas las curvas horizontales, se verifica que estas generen tangentes intermedias mayores a las mínimas establecidas en el Capítulo 5.6. Cuando no se cumplen las tangentes intermedias mínimas, se verifica las siguientes situaciones:

- Una o ambas curvas que forman la tangente intermedia, no contienen peraltes máximos.
- Las curvas que forman la tangente intermedia, contienen peraltes máximos

Para la primera situación, se calcula la tangente intermedia requerida por las dos curvas, con la Ecuación 5-17. Si la tangente intermedia todavía es menor que la calculada, se modifica uno o ambos radios y se comprueba nuevamente con la Ecuación 5-17. Si el problema persiste, aun cuando ambos radios utilizados son los mínimos (peralte máximo), se procede a analizar la tangente intermedia utilizando los valores calculados para el caso extremo (53.79 m y 41.29 m para caminos tipo 6 y 4 respectivamente). De persistir el error, se deberá modificar ligeramente las tangentes hasta que se cumplan los valores de tangente intermedia mínima.

En el trazado de las siete vías de reposición, se requirió utilizar el caso extremo en las curvas 5 y 6 de la vía 37V_LCH2_2; y en las curvas 6 y 7 de la vía 9T_LCH2_1.

El trazado del alineamiento horizontal se encuentra en los planos del Anexo N. A continuación se muestran las tablas del diseño horizontal para las siete vías de reposición y como ejemplo, la distribución del peralte para la vía 9T_LCH2_1.

Tabla 5-4: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 9T_LCH2_1.

PI Nro.	PC/PT	D.H. (m)	Deflexión º	'	"	Sent. (I-D)	R (m)	LT (m)	LC (m)	Abscisa (m)	Coordenadas UTM WGS84 Este	Norte
Azimut Inicial			106	43	17.10							
INICIO										0+000.00	668481.36	9857740.15
		147.21										
1			1	27	8.92	I	1000	12.68	25.35	0+147.21	668622.35	9857697.79
	PC									0+134.54	668610.21	9857701.44
	PT									0+159.89	668634.58	9857694.46
		283.04										
2			9	19	24.69	I	500	40.77	81.36	0+430.25	668895.40	9857623.26
	PC									0+389.48	668856.07	9857633.99
	PT									0+470.84	668935.95	9857619.03
		176.78										
3			1	0	14.16	D	2000	17.52	35.04	0+606.85	669071.23	9857604.94
	PC									0+589.33	669053.80	9857606.76
	PT									0+624.37	669088.62	9857602.82
		144.04										
4			69	31	15.34	I	60	41.64	72.80	0+750.89	669214.21	9857587.52
	PC									0+709.25	669172.87	9857592.56
	PT									0+782.05	669233.39	9857624.48

Continúa en la página siguiente.

Continuación Tabla 5-4.

PI Nro.	PC/PT	D.H. (m)	Deflexión º	'	"	Sent. (I-D)	R (m)	LT (m)	LC (m)	Abscisa (m)	Coordenadas UTM WGS84 Este	Norte
		172.77										
5			52	36	42.69	D	50	24.72	45.91	0+913.18	669293.79	9857740.86
	PC									0+888.46	669282.40	9857718.92
	PT									0+934.37	669318.14	9857745.14
		138.01										
6			47	32	59.34	I	40	17.62	33.20	1+047.66	669429.72	9857764.73
	PC									1+030.04	669412.37	9857761.68
	PT									1+063.24	669439.19	9857779.59
		124.90										
7			106	5	48.34	D	40	53.18	74.07	1+170.52	669496.81	9857870.08
	PC									1+117.34	669468.25	9857825.23
	PT									1+191.41	669531.99	9857830.20
		120.36										
8			33	38	54.47	D	50	15.12	29.36	1+258.59	669576.43	9857779.82
	PC									1+243.47	669566.43	9857791.15
	PT									1+272.84	669578.47	9857764.83
		90.88										
9			46	46	12.27	I	50	21.62	40.81	1+348.60	669588.70	9857689.77
	PC									1+326.98	669585.78	9857711.19
	PT									1+367.79	669606.31	9857677.22
		116.22										
10			52	41	6.60	I	50	24.76	45.98	1+462.39	669683.36	9857622.34
	PC									1+437.63	669663.19	9857636.70
	PT									1+483.61	669707.01	9857629.67
		62.46										
FIN										1+521.31	669743.02	9857640.83

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 5-5: Transición del Peralte – Vía 9T_LCH2_1.

Curva Nro.	Distribución en Curva	Abscisa (m)	Descripción	Carril Izquierdo	Carril Derecho
		0+000.00	Inicio	-2.50%	-2.50%
4	1/3	0+684.19	Final de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
		0+694.53	Sección Aplanada	-2.50%	0.00%
		0+704.94	Sección Invertida	-2.50%	2.50%
		0+716.60	Inicio de la Sección Peraltada	-5.30%	5.30%
		0+774.69	Final de la Sección Peraltada	-5.30%	5.30%
	1/3	0+786.35	Sección Invertida	-2.50%	2.50%
		0+796.76	Sección Aplanada	-2.50%	0.00%
		0+807.10	Inicio de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
5	1/3	0+860.46	Final de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
		0+870.80	Sección Aplanada	0.00%	-2.50%
		0+881.15	Sección Invertida	2.50%	-2.50%
		0+897.28	Inicio de la Sección Peraltada	6.40%	-6.40%
		0+925.55	Final de la Sección Peraltada	6.40%	-6.40%
	1/3	0+941.68	Sección Invertida	2.50%	-2.50%
		0+952.03	Sección Aplanada	0.00%	-2.50%
		0+962.37	Inicio de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%

Continúa en la página siguiente.

Continuación Tabla 5-5.

Curva Nro.	Distribución en Curva	Abscisa (m)	Descripción	Carril Izquierdo	Carril Derecho
6	1/2	1+003.15	Final de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
		1+013.49	Sección Aplanada	-2.50%	0.00%
		1+023.83	Sección Invertida	-2.50%	2.50%
	1/2	1+046.59	Inicio de la Sección Peraltada	-8.00%	8.00%
		1+046.69	Final de la Sección Peraltada	-8.00%	8.00%
		1+069.45	Sección Invertida	-2.50%	2.50%
		1+079.79	Sección Aplanada	-2.50%	0.00%
		1+090.13	Inicio de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
7	1/2	1+090.45	Final de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
		1+100.79	Sección Aplanada	0.00%	-2.50%
		1+111.13	Sección Invertida	2.50%	-2.50%
	1/2	1+133.89	Inicio de la Sección Peraltada	8.00%	-8.00%
		1+174.86	Final de la Sección Peraltada	8.00%	-8.00%
		1+197.62	Sección Invertida	2.50%	-2.50%
		1+207.96	Sección Aplanada	0.00%	-2.50%
		1+218.30	Inicio de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
8	1/2	1+219.89	Final de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
		1+230.23	Sección Aplanada	0.00%	-2.50%
		1+240.57	Sección Invertida	2.50%	-2.50%
	1/2	1+256.71	Inicio de la Sección Peraltada	6.40%	-6.40%
		1+259.60	Final de la Sección Peraltada	6.40%	-6.40%
		1+275.74	Sección Invertida	2.50%	-2.50%
		1+286.08	Sección Aplanada	0.00%	-2.50%
		1+296.42	Inicio de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
9	1/3	1+298.98	Final de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
		1+309.32	Sección Aplanada	-2.50%	0.00%
		1+319.67	Sección Invertida	-2.50%	2.50%
	1/3	1+335.80	Inicio de la Sección Peraltada	-6.40%	6.40%
		1+358.97	Final de la Sección Peraltada	-6.40%	6.40%
		1+375.10	Sección Invertida	-2.50%	2.50%
		1+385.45	Sección Aplanada	-2.50%	0.00%
		1+395.79	Inicio de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
10	1/3	1+409.63	Final de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
		1+419.97	Sección Aplanada	-2.50%	0.00%
		1+430.32	Sección Invertida	-2.50%	2.50%
	1/3	1+446.45	Inicio de la Sección Peraltada	-6.40%	6.40%
		1+474.78	Final de la Sección Peraltada	-6.40%	6.40%
		1+490.92	Sección Invertida	-2.50%	2.50%
		1+501.26	Sección Aplanada	-2.50%	0.00%
		1+511.60	Inicio de la Sección Normal	-2.50%	-2.50%
		1+521.31	Fin	-2.50%	-2.50%

Elaborado por: Sebastián Bolaños A

Tabla 5-6: Diseño del Alineamiento Horizontal – Vía 37V_LCH2_2.

PI Nro.	PC /PT	D.H. (m)	Deflexión º	'	"	Sent. (I-D)	R (m)	LT (m)	LC (m)	Abscisa (m)	Coordenadas UTM WGS84 Este	Norte
Azimut Inicial			168	5	53.50							
INICIO										0+000.00	671819.29	9858071.05
		122.35										
1			105	42	23.52	I	40	52.80	73.80	0+122.35	671844.53	9857951.33
	PC									0+069.55	671833.64	9858003.00
	PT									0+143.35	671891.32	9857975.80
		136.17										
2			19	10	39.68	D	70	11.83	23.43	0+226.72	671965.19	9858014.43
	PC									0+214.89	671954.71	9858008.95
	PT									0+238.32	671976.89	9858016.17
		181.87										
3			65	1	50.43	D	40	25.50	45.40	0+408.37	672145.10	9858041.10
	PC									0+382.88	672119.88	9858037.36
	PT									0+428.28	672159.14	9858019.81
		151.36										
4			46	54	21.37	D	30	13.02	24.56	0+554.13	672228.42	9857914.74
	PC									0+541.12	672221.26	9857925.61
	PT									0+565.68	672225.38	9857902.08
		91.25										
5			107	6	56.11	I	25	33.86	46.74	0+643.92	672207.11	9857826.01
	PC									0+610.06	672215.01	9857858.93
	PT									0+656.80	672240.90	9857828.14
		91.94										
6			66	10	7.50	D	25	16.29	28.87	0+714.88	672298.87	9857831.80
	PC									0+698.60	672282.61	9857830.77
	PT									0+727.47	672306.38	9857817.34
		159.08										
7			48	29	18.42	D	40	18.01	33.85	0+870.26	672372.18	9857690.62
	PC									0+852.25	672363.88	9857706.60
	PT									0+886.10	672365.71	9857673.81
		51.65										
FIN										0+919.73	672353.63	9857642.42

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 5-7: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 40V_LCH2_1.

PI Nro.	PC/PT	D.H. (m)	Deflexión º	'	"	Sent. (I-D)	R (m)	LT (m)	LC (m)	Abscisa (m)	Coordenadas UTM WGS84 Este	Norte
Azimut Inicial			90	0	0.00							
INICIO										0+000.00	674592.16	9853047.76
		70.91										
1			49	25	27.36	D	60	27.61	51.76	0+070.91	674663.07	9853047.76
	PC									0+043.30	674635.45	9853047.76
	PT									0+095.05	674681.03	9853026.79
		95.84										
2			37	25	6.30	D	40	13.55	26.12	0+163.28	674725.41	9852974.96
	PC									0+149.73	674716.59	9852985.25
	PT									0+175.86	674726.15	9852961.44

Continúa en la página siguiente.

Continuación Tabla 5-7.

PI Nro.	PC/PT	D.H.	Deflexión			Sent. (I-D)	R	LT	LC	Abscisa	Coordenadas UTM WGS84	
		(m)	º	'	"		(m)	(m)	(m)	(m)	Este	Norte
Azimut Inicial			90	0	0.00							
INICIO										0+000.00	674592.16	9853047.76
		84.30										
3			59	21	37.55	D	40	22.80	41.44	0+246.61	674730.05	9852890.79
	PC									0+223.81	674728.79	9852913.55
	PT									0+265.26	674711.10	9852878.11
		90.97										
4			51	31	21.05	I	40	19.30	35.97	0+333.43	674654.45	9852840.19
	PC									0+314.13	674670.49	9852850.92
	PT									0+350.10	674652.87	9852820.95
		65.67										
FIN										0+396.46	674649.09	9852774.74

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 5-8: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 91V_LCH2_1.

PI Nro.	PC/PT	D.H.	Deflexión			Sent. (I-D)	R	LT	LC	Abscisa	Coordenadas UTM WGS84	
		(m)	º	'	"		(m)	(m)	(m)	(m)	Este	Norte
Azimut Inicial			7	58	48.40							
INICIO										0+000.00	672212.32	9860992.71
		62.97										
1			12	11	31.45	D	200	21.36	42.56	0+062.97	672221.06	9861055.07
	PC									0+041.61	672218.09	9861033.92
	PT									0+084.17	672228.42	9861075.12
		127.48										
FIN										0+190.29	672265.02	9861174.73

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 5-9: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 93V_LCH2_1.

PI Nro.	PC/PT	D.H.	Deflexión			Sent. (I-D)	R	LT	LC	Abscisa	Coordenadas UTM WGS84	
		(m)	º	'	"		(m)	(m)	(m)	(m)	Este	Norte
Azimut Inicial			104	50	12.90							
INICIO										0+000.00	671853.02	9859273.50
		40.83										
1			65	19	49.65	D	25	16.03	28.51	0+040.83	671892.49	9859263.05
	PC									0+024.80	671876.99	9859267.15
	PT									0+053.31	671895.22	9859247.25
		104.59										
2			28	30	56.97	I	100	25.41	49.77	0+141.87	671910.35	9859160.00
	PC									0+116.45	671906.01	9859185.03
	PT									0+166.22	671926.11	9859140.07
		73.04										
FIN										0+213.85	671955.66	9859102.72

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 5-10: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 101V_AGT_1.

PI Nro.	PC/PT	D.H. (m)	Deflexión º	'	"	Sent. (I-D)	R (m)	LT (m)	LC (m)	Abscisa (m)	Coordenadas UTM WGS84 Este	Norte
Azimut Inicial			81	57	15.50							
INICIO										0+000.00	670103.56	9849869.68
		187.61										
1			24	56	4.26	I	150	33.16	65.28	0+187.61	670289.33	9849895.94
	PC									0+154.45	670256.49	9849891.30
	PT									0+219.73	670317.15	9849913.99
		149.85										
2			76	16	34.76	D	40	31.41	53.25	0+336.41	670415.03	9849977.51
	PC									0+305.01	670388.69	9849960.42
	PT									0+358.26	670437.89	9849955.97
		122.38										
3			25	33	17.48	D	70	15.87	31.22	0+449.23	670504.10	9849893.59
	PC									0+433.35	670492.55	9849904.48
	PT									0+464.57	670509.83	9849878.79
		141.53										
4			50	3	33.96	I	50	23.35	43.69	0+590.23	670555.16	9849761.59
	PC									0+566.88	670546.74	9849783.37
	PT									0+610.56	670577.27	9849754.07
		100.15										
5			46	23	32.62	D	70	30.00	56.68	0+687.36	670649.97	9849729.33
	PC									0+657.37	670621.57	9849739.00
	PT									0+714.05	670662.56	9849702.11
		91.09										
FIN										0+775.14	670688.20	9849646.66

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 5-11: Diseño del Alineamiento Horizontal - Vía 126V_AGT_2.

PI Nro.	PC/PT	D.H. (m)	Deflexión º	'	"	Sent. (I-D)	R (m)	LT (m)	LC (m)	Abscisa (m)	Coordenadas UTM WGS84 Este	Norte
Azimut Inicial			110	54	47.40							
INICIO										0+000.00	670936.80	9846905.53
		66.41										
1			36	49	35.88	D	100	33.29	64.27	0+066.41	670998.83	9846881.83
	PC									0+033.12	670967.73	9846893.71
	PT									0+097.39	671016.60	9846853.68
		190.82										
FIN										0+254.92	671100.68	9846720.47

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

6. ALINEAMIENTO VERTICAL

"El *diseño geométrico vertical* de una carretera, o alineamiento en perfil, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía. A este eje también se le denomina *rasante o subrasante*" [19]. "El eje del alineamiento vertical está constituido por una serie de *tramos* rectos denominados *tangentes verticales*, enlazados entre sí por *curvas verticales*" [19].

Para las vías de reposición, se realizará el trazado del alineamiento vertical correspondiente a la subrasante de la vía. Previo al trazado, es necesario definir los parámetros que lo controlan.

6.1. Distancia de Visibilidad

"La capacidad de visibilidad es de importancia en la seguridad y eficiencia de la operación de vehículos en una carretera, de ahí que a la longitud de la vía que un conductor ve continuamente delante de él, se le llame distancia de visibilidad." [18]. La distancia de visibilidad es un factor limitante en el diseño de las curvas verticales, y para ello se analizan dos aspectos [18]:

- Distancia de visibilidad de parada.
- Distancia de visibilidad de adelantamiento.

6.1.1. Distancia de Visibilidad de Parada

Es la distancia necesaria para detener un vehículo que circula con la velocidad de diseño establecida, y es igual a la suma de [20]:

- La distancia *d1* recorrida por el vehículo desde el momento en el que se hace visible el obstáculo, hasta que se inicia la aplicación de los frenos.
- La distancia de frenado *d2*, que es la distancia recorrida por el vehículo desde la aplicación de los frenos, hasta que se detiene totalmente.

La distancia *d1* está en función de la velocidad del vehículo y el tiempo que tarda el conductor en realizar la operación (espacio = velocidad * tiempo). Este tiempo puede descomponerse en tiempo de percepción y tiempo de reacción; por lo tanto:

$$d_1 = \frac{V_c * t}{3.6} = 0.278 * V_c * t$$

Ecuación 6-1

Dónde:

d_1 = Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, m
V_c = Velocidad de circulación, km/h
t = Tiempo de percepción y reacción, s

Estos tiempos de percepción y reacción varían entre los conductores y se establecen mediante estudios con muestras grandes de conductores. Se ha determinado que el tiempo de percepción y reacción para más del 90% de los

conductores, es de **2.5 segundos** [17]. Aplicando la Ecuación 6-1 para los caminos vecinales tipo 6 y tipo 4 tenemos como distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción del conductor, **22.92 m** y **16.67 m** respectivamente.

La distancia *d2* "….se calcula utilizando la fórmula de la "carga dinámica" y tomando en cuenta la acción de la fricción desarrollada entre las llantas y la calzada,.." [18]; por lo tanto:

$$d_2 = \frac{V_c^2}{254(f \pm G)}$$

Ecuación 6-2

Dónde:

d_2 = Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, m
f = Coeficiente de fricción longitudinal
G = Gradiente longitudinal (+ cuesta arriba y – cuesta abajo), m/m

El coeficiente de fricción longitudinal depende de varios factores, y se ha demostrado que decrece con el aumento de la velocidad [18]. Una ecuación para pavimentos mojados utilizada por el MTOP es:

$$f = \frac{1.15}{V_c^{0.3}}$$

Ecuación 6-3

Utilizando las Ecuación 6-2 y Ecuación 6-3, y con las gradientes máximas utilizadas en el trazado de las líneas de ceros, se han calculado las distancias de frenado para ambos tipos de caminos vecinales; teniendo **8.72 m** para caminos vecinales tipo 6 y **4.34 m** para los tipo 4.

Sumando las distancias *d1* y *d2*, tenemos para los caminos vecinales tipo 6 una distancia mínima de visibilidad de parada de **31.63 m** y para los tipo 4 de **21.01 m.** Por seguridad, los valores han sido sobredimensionados redondeándolos como lo muestra la Tabla 6-1.

Tabla 6-1: Mínima distancia de visibilidad de parada (MDVP).

Categoría de la vía	C. Vecinal Tipo	Velocidad de circulación (km/h)	f	G (%)	MDVP (m)
V	4	24	0.443	8	25
IV	6	33	0.403	9	35

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

6.1.2. Distancia de Visibilidad de Adelantamiento

"Es la distancia de visibilidad mínima necesaria para posibilitar un rebasamiento seguro para una velocidad de diseño dada." [16]. Esta distancia se calcula únicamente para vías de dos carriles con sentido opuesto. Debido a que en el presente proyecto no se realizará la señalización horizontal de la vía, por tener una

superficie de rodadura granular; no se han calculado las distancias de visibilidad para el rebasamiento.

6.2. Tangentes Verticales

Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y pendiente. Están limitadas por dos curvas sucesivas y su longitud se mide horizontalmente desde el final de la curva anterior al principio de la siguiente [19].

En los parámetros generales del diseño, ya se definieron las gradientes longitudinales máximas y mínimas para ambos tipos de vías. Otro parámetro que controla las tangentes verticales y que está en relación directa con la gradiente, es la longitud crítica.

"Se define *la longitud crítica de una pendiente* como la máxima longitud en subida sobre la cual un camión cargado puede operar sin ver reducida su velocidad por debajo de un valor prefijado." [19]. El MTOP considera un camión cargado tal que su relación peso-potencia (libras por cada HP) sea aproximadamente igual a 400, y la velocidad prefijada de 25 km/h [18]. Para el cálculo de esta longitud, se utiliza la Ecuación 6-4 [18].

$$L_{crítica} = \left(\frac{240}{G}\right)^{1/0.705}$$

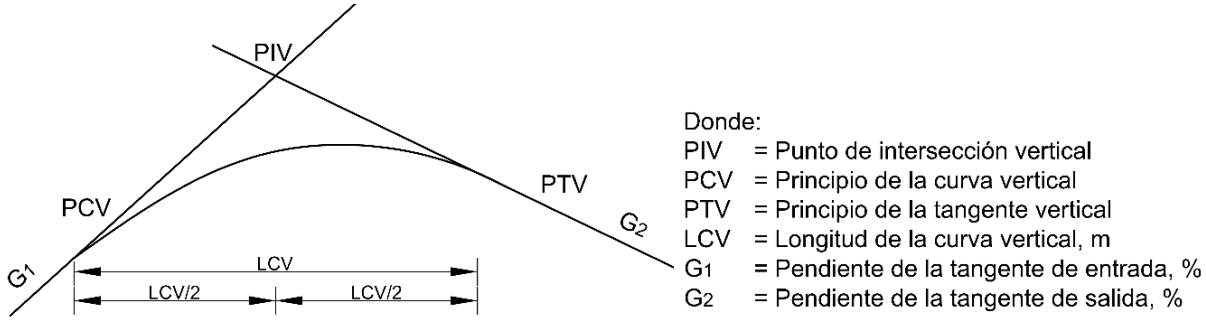
Ecuación 6-4

Dónde:
$L_{crítica}$ = Longitud crítica, m
G = Gradiente longitudinal, %

Para ambos tipos de caminos, con gradientes longitudinales del 8% se ha calculado una longitud crítica de **125 m**; y con una gradiente del 9%, que es la máxima utilizada en el proyecto, se tiene una longitud crítica de **105 m.**

6.3. Curvas Verticales

Ilustración 6-1: Elementos de la curva vertical simétrica.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

"Una curva vertical es el elemento del diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectúa el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la

tangente de salida,…"[19]. Por simplicidad, la curva vertical preferida en el diseño del perfil de una carretera es la parábola simple con su eje vertical centrado en el PIV. Los elementos de la curva vertical simétrica se muestran en la Ilustración 6-1.

6.3.1. Curvas Verticales Convexas

Para determinar la longitud mínima de la curva vertical convexa se considera: la distancia de visibilidad, pendientes longitudinales y altura del ojo y del objeto [16]. Para su cálculo se emplea la siguiente ecuación [17]:

$$L = \frac{A * S^2}{100 * \left(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2}\right)^2}$$

Ecuación 6-5

Dónde:

L = Longitud de la curva vertical convexa, m
A = diferencia algebraica de las gradientes, %
S = Distancia de visibilidad, m
h_1 = Altura del ojo del conductor sobre la superficie de la vía, m
h_2 = Altura del objeto sobre la superficie de la vía, m

La distancia de visibilidad *S* deberá ser, cuando menos, la mínima distancia de visibilidad de parada establecida previamente (25 y 35 m). En nuestro medio para el cálculo de la Ecuación 6-5 el MTOP considera: altura del ojo = 1.15 m, y altura del objeto = 0.15 m. Por lo tanto, la Ecuación 6-5 se reduce a:

$$L = \frac{A * S^2}{426}$$

Ecuación 6-6

Se determina una constante *K* para las curvas verticales convexas de cada tipo de camino vecinal.

$$K = \frac{L}{A} = \frac{S^2}{426}$$

Ecuación 6-7

"La longitud de una curva vertical convexa en su forma más simple es:" [18]

$$L = K * A$$

Ecuación 6-8

Una forma empírica de determinar un valor de la longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas, expresada en función de la velocidad de diseño, es la siguiente [17]:

$$L_{min} = 0.6 * V$$

Ecuación 6-9

Dónde:

L_{min} = Longitud mínima absoluta de la curva vertical, m
V = Velocidad de diseño, Km/h

Las constantes *K* y longitudes mínimas absolutas calculadas para caminos vecinales tipo 6 y 4, se muestran en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Parámetros de diseño para curvas verticales.

Camino Vecinal Tipo	Velocidad de Diseño (km/h)	MDVP (m)	K Convexas		K Cóncavas		L_{min} = 0.6*V (m)
			Calculado	Adoptado	Calculado	Adoptado	
6	35	35	2.88	3	5.01	5	21
4	25	25	1.47	2	2.98	3	15

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

6.3.2. Curvas Verticales Cóncavas

La longitud mínima de la curva vertical cóncava depende de la distancia de visibilidad nocturna mínima de frenado [16]; por seguridad, esta deberá ser aproximadamente igual a la longitud de los rayos de luz de los faros del vehículo. Para el cálculo en nuestro medio el MTOP considera: altura de los faros = 0.6 m, y la divergencia hacia arriba de los rayos de luz con respecto al eje longitudinal del vehículo = 1°. Estos valores, cuando *S* es menor que *L*, se emplean en la Ecuación 6-10; obteniendo la Ecuación 6-11 [17].

$$L = \frac{A * S^2}{200 * (h_3 + S * (\tan\theta))^2}$$

Ecuación 6-10

$$L = \frac{A * S^2}{120 + 3.5 * S}$$

Ecuación 6-11

Dónde:

L = Longitud de la curva vertical cóncava. (m)
h_1 = Altura del ojo del conductor, m
θ = Ángulo de divergencia hacia arriba de los rayos de luz, grados
A = diferencia algebraica de las gradientes. (%)
S = Distancia del rayo de luz. (m)

Se determina una constante *K* para las curvas verticales convexas de cada vía del proyecto:

$$K = \frac{L}{A} = \frac{S^2}{122 + 3.5 * S}$$

Ecuación 6-12

Al igual que para las curvas verticales convexas, la longitud de una curva vertical cóncava en su forma más simple se expresa con la Ecuación 6-8 [18].

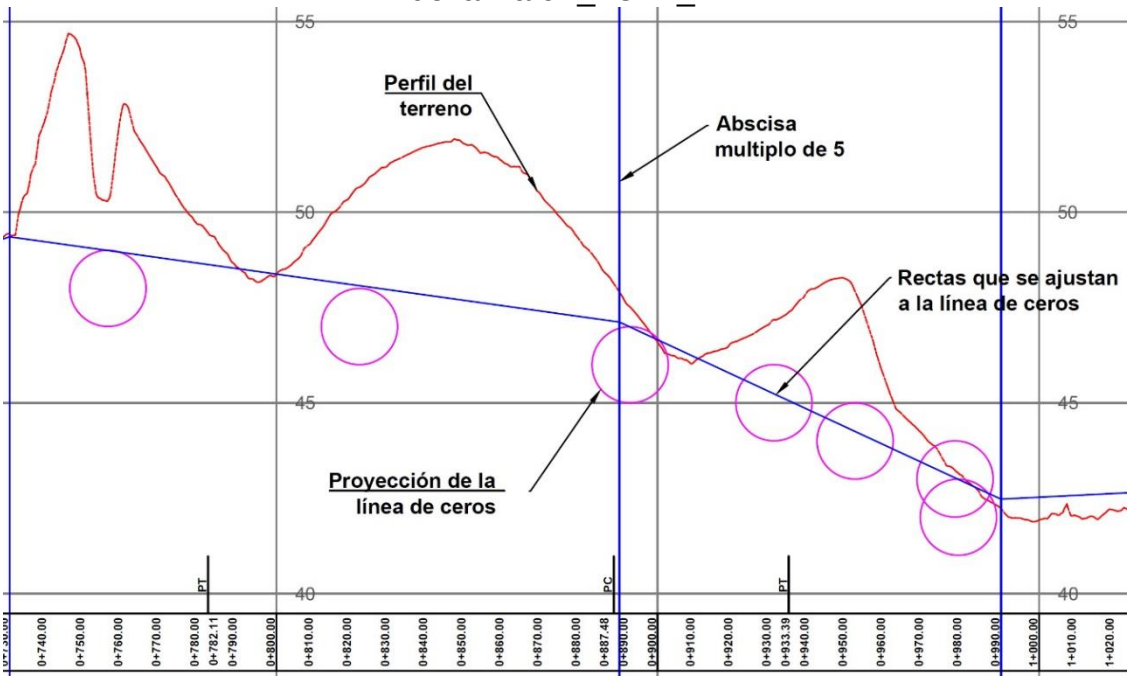
La longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas, expresada con la Ecuación 6-9, también es útil para curvas verticales cóncavas [17].

Las constantes *K* y longitudes mínimas absolutas calculadas para curvas verticales cóncavas en caminos vecinales tipo 6 y 4, se muestran en la Tabla 6-2

6.4. Trazado

Se utilizó el software AutoCAD Civil 3D para generar un perfil del terreno, a partir del eje del alineamiento horizontal y la topografía existente. Proyectando las líneas de ceros al eje del alineamiento horizontal, se obtienen las abscisas que son llevadas al perfil del terreno, para obtener una proyección vertical de la línea de ceros. Se realizó el trazado de rectas que mejor se adapten a la proyección de la línea de ceros, sin exceder las gradientes longitudinales máximas previamente establecidas, definiendo así las tangentes del alineamiento vertical. Con fines prácticos para facilitar el diseño y posterior construcción, las tangentes son ligeramente modificadas con el fin de ubicar las intersecciones entre las mismas, en una abscisa que sea múltiplo de 5m. En la Ilustración 6-2 se identifica la proyección de la línea de ceros, y las tangentes encontradas a partir de la misma.

Ilustración 6-2: Trazado de las tangentes del alineamiento vertical para el tramo 1 de la vía 9T_LCH2_1.



Finalmente, Las pendientes de las tangentes verticales son ajustadas con precisión de un decimal, lo cual se logra modificando la cota de los PIV.

Utilizando en la Ecuación 6-8 los valores de *K* para curvas verticales y cóncavas mostrados en la Tabla 6-2, se calculan las longitudes mínimas de las curvas verticales. Se seleccionarán longitudes que generen curvas verticales que mejor se ajusten a la topografía, siendo estas longitudes mayores a las mínimas calculadas y a la mínima absoluta (0.6*V).

Las Tablas 6-3 a 6-9 muestran la corrección de las cotas de los PIV, y los principales elementos del alineamiento vertical para el trazado de las siete vías de reposición.

Tabla 6-3: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 9T_LCH2_1.

PIV #	Abscisa	Cota	G %	Cota Corregida	G % Corregido	L Mínimo	LCV Asumido
INICIO	0+000.000	58.801	-1.308	58.801	-1.3		
1	0+065.000	57.951	-6.289	57.956	-6.3	15.0	30
2	0+190.000	50.095	2.401	50.081	2.4	43.5	60
3	0+260.000	51.762	0.501	51.761	0.5	5.7	40
4	0+450.000	52.712	-5.520	52.711	-5.5	18.0	60
5	0+595.000	44.707	3.426	44.736	3.4	44.5	70
6	0+730.000	49.361	-1.378	49.326	-1.4	14.4	60
7	0+890.000	47.121	-3.726	47.086	-3.7	6.9	40
8	0+990.000	43.360	0.493	43.386	0.5	21.0	40
9	1+090.000	43.879	1.200	43.886	1.2	3.5	40
10	1+165.000	44.786	8.800	44.786	8.8	38.0	70
11	1+330.000	59.306	-0.505	59.306	-0.5	27.9	80
12	1+450.000	58.700	0.494	58.706	0.5	5.0	60
FIN	1+521.306	59.058		59.063			

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 6-4: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 37V_LCH2_2.

PIV #	Abscisa	Cota	G %	Cota Corregida	G % Corregido	L Mínimo	LCV Asumido
Inicio	0+000.000	60.172	-4.000	60.172	-4.0		
1	0+020.000	59.372	-6.974	59.372	-7.0	6.0	30
2	0+120.000	52.398	7.914	52.372	7.9	44.7	60
3	0+190.000	57.912	1.646	57.902	1.6	12.6	40
4	0+310.000	59.877	-1.896	59.822	-1.9	7.0	40
5	0+405.000	58.021	-0.495	58.017	-0.5	4.2	30
6	0+480.000	57.646	-5.364	57.642	-5.4	9.8	60
7	0+675.000	47.182	8.961	47.112	9.0	43.2	70
8	0+790.000	57.417	1.155	57.462	1.2	15.6	60
9	0+890.000	58.617	2.314	58.662	2.3	3.3	40
FIN	0+919.732	59.350		59.346			

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 6-5: Principales componentes del alineamiento vertical – Vía 40V_LCH2_1.

PIV #	Abscisa	Cota	G %	Cota Corregida	G % Corregido	L Mínimo	LCV Asumido
INICIO	0+000.000	53.460	0.500	53.460	0.5		
1	0+040.000	53.660	-0.729	53.660	-0.7	2.4	40
2	0+230.000	52.275	-7.028	52.330	-7.0	12.6	40
3	0+290.000	48.113	7.380	48.130	7.4	43.2	60
4	0+350.000	52.558	-2.340	52.570	-2.3	19.4	40
FIN	0+396.460	51.483		51.501			

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 6-6: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 91V_LCH2_1.

PIV #	Abscisa	Cota	G %	Cota Corregida	G % Corregido	L Mínimo	LCV Asumido
Inicio	0+000.000	64.560		64.560			
			1.819		1.8		
1	0+090.000	66.197		66.180		5.6	60
			-1.004		-1.0		
Fin	0+190.288	65.173		65.177			

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 6-7: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 93V_LCH2_1.

PIV #	Abscisa	Cota	G %	Cota Corregida	G % Corregido	L Mínimo	LCV Asumido
Inicio	0+000.000	62.249		62.249			
			-2.977		-3.0		
1	0+035.000	61.207		61.199		8.0	30
			-6.957		-7.0		
2	0+095.000	57.025		56.999		28.2	50
			2.398		2.4		
3	0+140.000	58.078		58.079		12.3	20
			6.453		6.5		
4	0+200.000	61.951		61.979		5.4	20
			3.791		3.8		
Fin	0+213.847	62.504		62.505			

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 6-8: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 101V_AGT_1.

PIV #	Abscisa	Cota	G %	Cota Corregida	G % Corregido	L Mínimo	LCV Asumido
INICIO	0+000.000	43.945		43.945			
			1.061		1.1		
1	0+100.000	45.006		45.045		4.2	40
			-1.043		-1.0		
2	0+195.000	44.054		44.095		5.0	50
			-3.483		-3.5		
3	0+340.000	39.045		39.020		7.2	40
			-1.112		-1.1		
4	0+425.000	38.075		38.085		4.8	50
			0.454		0.5		
5	0+600.000	38.880		38.960		8.1	40
			3.174		3.2		
6	0+695.000	41.975		42.000		12.4	50
			-3.045		-3.0		
7	0+750.000	40.325		40.350		10.5	40
			0.501		0.5		
FIN	0+775.139	40.476		40.476			

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 6-9: Principales componentes del alineamiento vertical - Vía 126V_AGT_2

PIV #	Abscisa	Cota	G %	Cota Corregida	G % Corregido	L Mínimo	LCV Asumido
Inicio	0+000.000	42.702		42.702			
			0.500		0.5		
1	0+070.000	43.052		43.052		8.6	40
			-3.818		-3.8		
2	0+125.000	40.952		40.962		14.7	50
			1.128		1.1		
3	0+220.000	42.034		42.007		3.2	40
			-0.458		-0.5		
Fin	0+254.918	41.847		41.832			

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Para el trazado del alineamiento vertical (tangentes y curvas verticales) se ha utilizado el software AutoCAD Civil 3D; siguiendo las tangentes y longitudes de las

curvas verticales previamente establecidas. En la siguiente tabla, se presenta un resumen del proyecto del alineamiento vertical para la vía 9T_LCH2_1 con las estaciones más relevantes. El proyecto del alineamiento vertical con estaciones cada 10 metros para las siete vías de reposición, se encuentra en el Anexo C. El trazado del alineamiento vertical se encuentra en los planos del Anexo N.

Tabla 6-10: Resumen del proyecto del alineamiento vertical – Vía 9T_LCH2_1.

PIV #	Abscisa	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno
		Terreno	Proyecto		%	m	m
INICIO	0+000.00	58.601	58.801		-1.3		0.20
	0+050.00	58.081	58.151	PCV	-1.3		0.07
1	0+065.00	57.984	57.769			0.22	
	0+080.00	57.369	57.011	PTV	-6.3	0.36	
	0+160.00	52.068	51.971	PCV	-6.3	0.10	
2	0+190.00	50.537	50.734				0.20
	0+220.00	50.825	50.801	PTV	2.4	0.02	
	0+240.00	51.382	51.281	PCV	2.4	0.10	
3	0+260.00	51.778	51.666			0.11	
	0+280.00	51.977	51.861	PTV	0.5	0.12	
	0+420.00	52.803	52.561	PCV	0.5	0.24	
4	0+450.00	52.264	52.261			0.00	
	0+480.00	51.247	51.061	PTV	-5.5	0.19	
	0+560.00	46.739	46.661	PCV	-5.5	0.08	
5	0+595.00	42.464	45.515				3.05
	0+630.00	46.015	45.926	PTV	3.4	0.09	
	0+700.00	48.674	48.306	PCV	3.4	0.37	
6	0+730.00	49.424	48.966			0.46	
	0+760.00	52.831	48.906	PTV	-1.4	3.93	
	0+870.00	50.364	47.366	PCV	-1.4	3.00	
7	0+890.00	47.908	46.971			0.94	
	0+910.00	46.121	46.346	PTV	-3.7		0.23
	0+970.00	44.116	44.126	PCV	-3.7		0.01
8	0+990.00	42.236	43.596				1.36
	1+010.00	42.035	43.486	PTV	0.5		1.45
	1+070.00	44.270	43.786	PCV	0.5	0.48	
9	1+090.00	42.466	43.921				1.46
	1+110.00	42.410	44.126	PTV	1.2		1.72
	1+130.00	45.009	44.366	PCV	1.2	0.64	
10	1+165.00	45.173	45.451				0.28
	1+200.00	48.621	47.866	PTV	8.8	0.76	
	1+290.00	57.716	55.786	PCV	8.8	1.93	
11	1+330.00	59.070	58.376			0.69	
	1+370.00	59.402	59.106	PTV	-0.5	0.30	
	1+420.00	59.287	58.856	PCV	-0.5	0.43	
12	1+450.00	58.878	58.781			0.10	
	1+480.00	58.529	58.856	PTV	0.5		0.33
FIN	1+521.31	59.035	59.063				0.03

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

7. DISEÑO DEL PAVIMENTO

Debido a que se tienen bajos volúmenes de tráfico y existen una variedad de métodos de diseño y estudios realizados alrededor del mundo, se ha considerado conveniente utilizar como referencia de diseño el Manual de Diseño de Caminos Vecinales del MTOP [16], debido a su simplicidad y por ser un documento realizado específicamente para caminos de bajo volumen en el Ecuador. Este manual utiliza estudios realizados por la AASHTO, por lo que también se ha utilizado el manual AASHTO Guide for Design of Pavement Structures de 1993 [22].

El periodo de diseño para pavimentos en caminos vecinales tipo 6 y 4 es de **7 años** [16]; entendiendo que al final del periodo de diseño, la vía necesitará una rehabilitación.

7.1. Análisis de Tráfico

El diseño estructural del pavimento, está especialmente en función de la carga y el volumen del tráfico; sobre todo cuando se tienen tanto cargas como repeticiones altas. Sin embargo, el rango de espesores para tráficos entre 50.000 y 200.000 repeticiones es relativamente pequeño, por lo que un diseño complejo y preciso, generalmente no es justificable para caminos con menos de 500 vehículos por día (vpd) [16].

7.1.1. Cargas Máximas Permitidas por Eje

El tráfico observado está compuesto por cuatro tipos de vehículos como se observa en la Tabla 3-4. Ya que el tráfico pesado es el que ocasiona el deterioro del pavimento, no se han considerado los vehículos livianos para el diseño. En la Tabla 7-1 se indica la distribución de las cargas máximas permitidas por eje para los tres tipos de vehículos pesados observados en el estudio del tráfico.

7.1.2. Tráfico Mixto

El tráfico mixto (Buses y camiones de 2 ejes) debe ser convertido en repeticiones de un eje equivalente simple estándar de 18 kips (8.2 T). Para realizar la conversión se utilizan factores de equivalencia de carga desarrollados por la AASHTO. Las tablas para determinar estos factores se encuentran en el Anexo F, y están en función de un índice de servicio para el final del periodo de diseño (p_t) de 2.0 correspondiente a una vía de clasificación menor [22]. Además, en las tablas se tiene el número estructural del pavimento (SN por sus siglas en ingles) que expresa la resistencia estructural requerida por el mismo. Para caminos vecinales se utilizará un SN de 2.0 [16]. Los factores de equivalencia de carga (FEC) determinados se muestran en la siguiente tabla:

Los valores de FEC por vehículo son transformados en un solo valor conocido como factor camión (FC). Este valor representa el número de aplicaciones de ejes simples con carga equivalente de 18 kips, correspondientes al paso de un vehículo

comercial (bus o camión) [23]. La conversión de los diferentes FEC se realiza mediante una ponderación, como se indica a continuación:

$$FC = \frac{\sum Ci * FECi}{\sum Ci}$$

Ecuación 7-1

Dónde:

FC = Factor camión.
Ci = Cantidad de vehículos tipo *i* que circulan por el carril.
FECi = Factor de equivalencia de carga para el vehículo *i*.

Tabla 7-1: Distribución y factores de equivalencia de carga (SN = 2, p_t = 2).

Tipo de Vehículo	Descripción	Nro. de Ejes	Tipo de Vehículo	Carga por Eje (T)	Carga por Eje (kips)	FEC por Eje	FEC
Bus	2 ejes medianos	1 Eje Simple	Bus	3	6.6	0.0189	**0.5389**
		1 Eje Simple		7	15.4	0.5200	
2DB	Camión de 2 ejes grandes	1 Eje Simple	2DB	7	15.4	0.5200	**4.3785**
		1 Eje Simple		11	24.3	3.8585	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A. Fuentes: MTOP. (2013a). *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12* (Vol. 2 A). Quito. [24]; AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials.

Utilizando los FEC por vehículo de la Tabla 7-1 y los resultados del conteo para la E2 de la Tabla 3-4 en la Ecuación 7-1, se calcula el factor camión que es igual a **3.76** para caminos tipo 6.

Finalmente el cálculo del número de ejes equivalentes de 18 kips se realiza utilizando la siguiente ecuación [23]:

$$N = TPDA * \frac{A}{100} * \frac{B}{100} * 365 * \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} * FC$$

Ecuación 7-2

Dónde:

TPDA = Tráfico promedio diario anual inicial
A = Porcentaje estimado de vehículos pesados (buses y camiones).
B = Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño.
r = Tasa de crecimiento anual del tráfico.
n = Periodo de diseño.
FC = Factor camión.

En caminos con bajos volúmenes de tráfico, los vehículos tienden a circular por el centro de la vía; por lo que para los caminos tipo 6 se ha considerado un valor de A igual a **75%**, por motivo de seguridad. De Tabla 3-4 obtenemos un valor de B igual a **26.60%**.

Debido al embalse, se espera que las vías de reposición tengan bajas tasas de crecimiento. Sin embargo, la vía 9T también recibirá parte del tráfico de la vía afectada 5T, por lo que se ha considerado la tasa de crecimiento **r** para vehículos pesados igual a **2.06%**, obtenida de la Tabla 3-3.

Utilizando el TPDA igual a 94 y un periodo de diseño de 7 años, se ha calculado con la Ecuación 7-2 para **caminos vecinales tipo 6** un valor de **N** igual a **193862** repeticiones del eje equivalente de 18 kips.

Para los caminos vecinales tipo 4, debido a su bajo volumen de tráfico y ya que los estudios de tráfico no se realizaron en caminos de este orden, se utilizará un método de análisis aproximado para estimar el número de ejes equivalentes de 18 kips.

El método aproximado consiste en determinar un Factor de Tráfico Mixto (M) basado en tres categorías de porcentajes de caminos y tres categorías del rango probable de la distribución de ejes de carga de los camiones, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7-2: Factores de tráfico mixto (M).

Distribución de carga (N/camión)	Porcentaje de Camiones		
	Bajo	Mediano	Alto
	< 15 %	15- 25 %	> 25 %
Liviano (menor de 0.75)	9	18	27
Mediano (0.75 - 15)	23	46	69
Pesado (más de 1.5)	37	73	110

- Los valores indicados son para vías de 2 carriles y deben ser duplicados para vías de un carril.

Fuente: LUIS BERGER INTERNATIONAL INC., & PROTECVIA CIA. LTDA. (Eds.). (1985). *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

En los caminos tipo 4 se espera un menor número de camiones, por lo que se considera un porcentaje de camiones mediano (15 – 25%) y con una distribución de carga de ejes de 18 kips por camión perteneciente a la categoría mediana, se obtiene de la Tabla 7-2 un M igual a 46. Se ha considerado un valor de TPDA igual a 100 vpd, con lo que se tiene:

$$N_{(1\,año)} = M * TPDA = 46 * 100 = 4600\, repeticiones\ del\ eje\ de\ 18\ kips.$$

Ecuación 7-3

Utilizando la misma tasa de crecimiento y periodo de diseño utilizados en los caminos tipo 6, obtenemos un factor de crecimiento acumulado de 7.5. Por lo que:

$$N_{(7años)} = N_{(1\,año)} * 7.5 = 34.500\, repeticiones\ del\ eje\ de\ 18\ kips.$$

Ecuación 7-4

Debido a que los **caminos vecinales tipo 4** cuentan con un solo carril, tenemos **N** igual a **69.000** repeticiones del eje equivalente de 18 kips.

7.2. CBR de Diseño

En los ensayos de laboratorio, se determinó el valor de CBR para el 100, 95 y 90% de la densidad seca máxima. En el manual de caminos vecinales se recomienda un grado de compactación para suelos A-7-5 de 92 y 90% para caminos tipo 6 y tipo 4 respectivamente. Debido a que se obtuvieron valores bajos de CBR (<3), el

valor de CBR se determinará para un 95% de la densidad seca máxima, teniendo los valores mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 7-3: CBR para el 95% de la densidad seca máxima.

Muestra #		1	2	3
Densidad Seca Máxima del Suelo	**(kg/m³)**	1221	1423	1345
CBR al 95% densidad seca máxima	**(%)**	1.84	1.95	1.11

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Cuando se tienen valores individuales de CBR, el manual de caminos vecinales recomienda utilizar un percentil 60% para caminos tipo 4 y 5, y un percentil 70% para caminos tipo 6 y 7. Ya que se tienen solo tres muestras, se ha utilizado un percentil de 66.7%; es decir, que el valor de CBR de dos de las tres muestras son iguales o superiores al valor de CBR establecido. Por lo tanto el valor de CBR para el 95% de la densidad seca máxima es de 1.84%. Aunque en la literatura general se les asigna a los suelos MH valores de CBR superiores a 4 [23], se comprueba que en la zona del proyecto no se cumple esta tendencia.

A pesar de utilizar un grado de compactación del 95%, el valor de CBR aún sigue siendo inaceptable para el diseño, por lo que se ha optado por realizar un mejoramiento de la subrasante.

Para suelos cuyo índice de plasticidad es mayor a 15 y el porcentaje que pasa el tamiz No. 200 es mayor a 25%, se recomienda estabilizar los suelos con cal [23]. La incorporación de cal mejora las características plásticas de los suelos y aumenta considerablemente su valor de soporte, además de eliminar la susceptibilidad al agua en suelos cohesivos reduciendo su tendencia al hinchamiento [23].

La literatura muestra que en suelos A-7-5 o MH estabilizados con cal, se han obtenido incrementos en el valor del CBR de más de 10% para contenidos de cal superiores al 3% [25] [26]. Para arcillas limosas se recomienda un porcentaje de cal entre 2 y 4% [16]. Por lo tanto, para los caminos **tipo 6** se realizará un mejoramiento de la subrasante estabilizándola con un **4% de cal hidratada $Ca(OH)_2$**,como porcentaje del peso seco del suelo; mientras que los caminos **tipo 4** se estabilizarán con un **3% de cal hidratada $Ca(OH)_2$**, como porcentaje del peso seco del suelo. Finalmente, se ha establecido para la subrasante mejorada con cal hidratada para los caminos **tipo 6** un valor de **CBR de 7%,** y para los **tipo 4** un **CBR de 6%**; valores de CBR mínimos obtenidos en suelos A-7-5 mejorados con esos porcentajes de cal hidratada [25] [26]. Se ha escogido para la estabilización de la subrasante un espesor de 20 cm, por motivos económicos y prácticos.

7.3. Diseño de la Estructura del Pavimento

El diseño estructural se realiza utilizando un método empírico, el cual está en función del CBR de la subrasante y el tráfico acumulado [16].

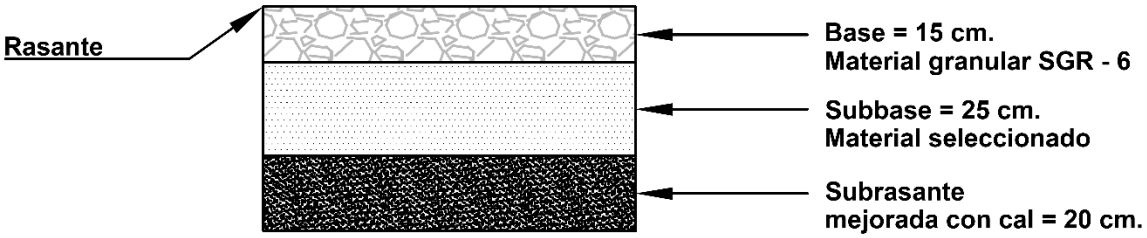
7.3.1. Caminos Vecinales Tipo 6

La estructura del pavimento para caminos tipo 6 está conformada por tres capas que se describen a continuación, y que se muestran en la Ilustración 7-1:

- Capa granular de rodadura SGR-6 (base) de **15 cm** de espesor, con CBR mayor a 60%.
- Capa de material seleccionado (subbase) de **25 cm** de espesor, con CBR mayor a 12 %.
- Subrasante mejorada con cal de **20 cm** de espesor.

El espesor de la subbase de material seleccionado se ha determinado utilizando la Ilustración 7-3 para 193862 repeticiones del eje equivalente de 18 kips y un CBR de la subrasante mejorada de 7%. Por seguridad se ha redondeado a 200.000 repeticiones del eje equivalente, con lo que se obtiene un espesor de 23.3 cm, el cual ha sido redondeado a **25 cm.**

Ilustración 7-1: Estructura del pavimento para caminos vecinales tipo 6.



7.3.2. Caminos Vecinales Tipo 4

El pavimento para caminos tipo 4 está conformado por dos capas, que se describen a continuación, y se muestran en la Ilustración 7-2:

- Capa granular de rodadura SGR 4-5 (subbase) de **25 cm** de espesor, con CBR mayor a 30%.
- Subrasante mejorada con cal de **20 cm** de espesor.

El espesor de la subbase granular de rodadura SGR 4-5 se determina utilizando la Ilustración 7-4 para 69.000 repeticiones del eje equivalente de 18 kips y un CBR de la subrasante mejorada de 6%. Por seguridad se ha redondeado a 70.000 repeticiones del eje equivalente, con lo que se obtiene un espesor de 23.5 cm, el cual ha sido redondeado a **25 cm.**

Ilustración 7-2: Estructura del pavimento para caminos vecinales tipo 4.

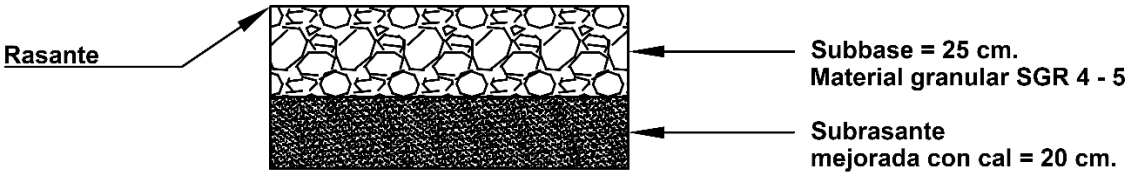
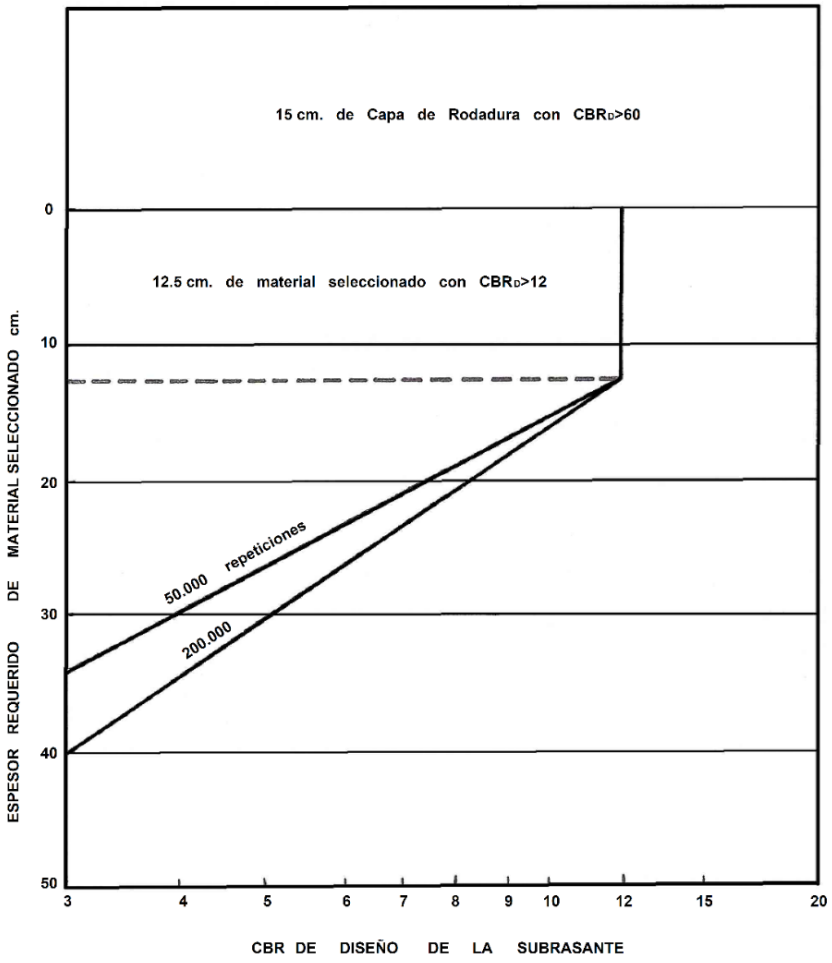
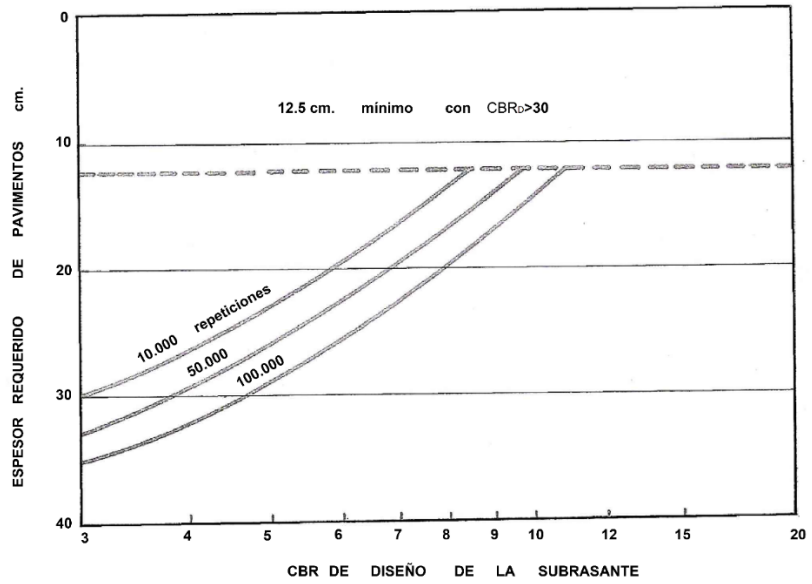


Ilustración 7-3: Curvas de diseño para caminos vecinales tipo 6.



Fuente: LUIS BERGER INTERNATIONAL INC., & PROTECVIA CIA. LTDA. (Eds.). (1985). *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

Ilustración 7-4: Curvas de diseño para caminos tipo 4 y 5.



Fuente: LUIS BERGER INTERNATIONAL INC., & PROTECVIA CIA. LTDA. (Eds.). (1985). *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

8. DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE DRENAJE DE ARTE MENOR

Las estructuras de drenaje de arte menor se ocupan de la remoción y conducción de las aguas superficiales, ya sea que éstas caigan directamente sobre la vía, o sobre las cuencas tributarias de las corrientes que atraviesan la misma. Para el estudio y diseño, las estructuras de drenaje de arte menor se dividen en drenaje longitudinal y drenaje transversal.

8.1. Estudio Hidrológico Preliminar

"Desde el punto de vista del ingeniero vial, los aspectos hidrológicos que se deben destacar en un estudio de drenajes son la *precipitación* y el *escurrimiento* de las aguas por encima y por debajo de la superficie terrestre" [20].

Para el análisis hidrológico se definen dos conceptos fundamentales:

- "La *duración* de la lluvia es el tiempo que tarda ésta en precipitarse sobre la superficie terrestre."[20]
- "La *intensidad* es la mayor o menor cantidad de agua que cae en un lapso determinado."[20]

En el proyecto PACALORI se realizó un estudio hidrológico general, en el cual se recopila y analiza la información brindada por las estaciones meteorológicas e hidrológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). De este estudio se ha extraído la información correspondiente a las estaciones más cercanas al área de estudio que son: Pichilingue (M006), y Babahoyo (M051).

Las obras de drenaje se diseñan para conducir las máximas descargas que se pudieran producir, y estas están en relación de la duración e intensidad de las lluvias [20].

8.1.1. Precipitación Máxima en 24 horas

Las intensidades máximas diarias extraídas del estudio hidrológico se muestran en la Tabla 8-1, en donde se puede observar que existe un alta similitud entre los valores de las dos estaciones. Las obras de drenaje de arte menor se diseñarán para un **periodo de retorno de 25 años**, para así evitar el sobredimensionamiento de las mismas.

Tabla 8-1: Intensidades máximas diarias para distintos periodos de retorno (TR).

Estación:	**Pichilingue (M006)**	**Babahoyo (M051)**
TR (años)	Intensidad máx. diaria (mm/h)	Intensidad máx. diaria (mm/h)
2	4.95	5.19
3	5.45	5.64
5	5.89	6.05
10	6.35	6.45
20	6.70	6.77
25	6.80	6.86
50	7.08	7.10
100	7.32	7.32

Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2014a). *PACALORI - Climatología - Hidrología - Sedimentología y Balance Hídrico* (Vol. Tomo 3).

De la Tabla 8-1 se observa que para un periodo de retorno de 25 años, se tienen valores similares de 6.80 y 6.86 mm/h, por lo que se ha considerado como **intensidad** máxima para la zona de estudio el valor de **6.80 mm/h.** Con esta intensidad se obtiene una **precipitación máxima en 24 horas de 163.2 mm.**

8.1.2. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

Existen estudios realizados por el INAMHI para determinar curvas IDF para todo el territorio ecuatoriano, de acuerdo a una zonificación del mismo. De acuerdo a esta zonificación el proyecto PACALORI en la zona 30 [27]. Para cada una de estas zonas el INAMHI proporciona ecuaciones para el cálculo de la intensidad, y que para la zona 30 se muestran en la Tabla 8-2.

Tabla 8-2: Ecuaciones de intensidad máxima para la zona 30.

Zona	Duración	Ecuación	
30	5 min < 79 min	$I_{TR} = 42.089\ t^{-0.2952}\ Id_{TR}$	Ecuación 8-1
	79 min < 1440 min	$I_{TR} = 432.57\ t^{-0.8304}\ Id_{TR}$	Ecuación 8-2

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (1999). *Estudio de Lluvias Intensas*. Quito, Ecuador.

Dónde:

I_{TR} = Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno, mm/h
Id_{TR} = Intensidad diaria para un periodo de retorno dado, mm/h
TR = Período de retorno
t = Tiempo de duración de la lluvia, minutos

Además, se han rescatado las ecuaciones rectificadas por el proyecto PACALORI para las estaciones Pichilingue y Babahoyo, mostradas en la Tabla 8-3. Estas ecuaciones han sido rectificadas para tener en una sola expresión duraciones entre 5 y 1440 minutos.

Tabla 8-3: Ecuaciones de intensidad rectificadas.

Código	Estación	Duración (min)	Ecuación	
M006	Pichilingue	t + 47.5	$I_{TR} = 877.44\ (t + 47.5)^{-0.92774}\ Id_{TR}$	Ecuación 8-3
M051	Babahoyo	t + 39.5	$I_{TR} = 1042.2\ (t + 39.5)^{-0.952}\ Id_{TR}$	Ecuación 8-4

Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2014a). *PACALORI - Climatología - Hidrología - Sedimentología y Balance Hídrico* (Vol. Tomo 3).

Siguiendo estudios hidrológicos realizados en el proyecto PACALORI, se utilizarán las ecuaciones proporcionadas por el INAMHI para lluvias con una duración menor a 40 minutos; mientras que para lluvias superiores a los 40 minutos de duración, se utilizarán las ecuaciones rectificadas por el proyecto PACALORI.

También se ha obtenido del estudio hidrológico del proyecto PACALORI los porcentajes de lluvia caída para diferentes tiempos, con relación a la lluvia caída en 24 horas, para las dos estaciones antes mencionadas y que se muestran en el Anexo G.1.

8.1.3. Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración de una cuenca, es el tiempo requerido para que una partícula de agua alcance la salida desde el lugar más alejado de la cuenca [28], y se expresa mediante la fórmula de Kirpich [29]:

$$t_c = 0.01947 * L^{0.77} * S_c{}^{-0.385}$$

Ecuación 8-5

Dónde:

t_c = Tiempo de concentración, min
L = Longitud del curso de agua más largo, m
S_c = Pendiente promedio de la cuenca, m/m

La pendiente S_c también puede expresarse, en términos del cauce principal como:

$$S_c = H/L$$

Ecuación 8-6

Dónde:

H = Diferencia de elevación entre el punto más remoto y la salida, m

Remplazando la Ecuación 8-6 en la Ecuación 8-5, tenemos:

$$t_c = 0.01947 * (L^3/H)^{0.385}$$

Ecuación 8-7

El tiempo de concentración también se considera como el tiempo en el cual se establece el gasto de equilibrio en una cuenca, es decir, que el caudal de descarga alcanza su valor máximo [9]. Con fines de diseño, se considera que la duración de la lluvia “t” es igual al tiempo de concentración “t_c”.

8.2. Drenaje Longitudinal

El drenaje longitudinal de las vías lo conformaran las cunetas, ubicadas a ambos lados de la vía, tal como se indicó en la sección transversal de las mismas. Para casos excepcionales se ha recurrido a la adición de un canal paralelo a la cuneta en el talud de corte. El objetivo del drenaje longitudinal es evacuar y conducir hacia una corriente natural o una obra de drenaje transversal, el agua que se precipita sobre la vía y el agua que escurre desde áreas cercanas a la misma, de esta manera protege la estructura del pavimento y evita su deterioro.

El diseño de las cunetas se realiza para que hidráulicamente las mismas puedan transportar el caudal que generan las áreas de aporte más el caudal que escurre de la vía, evitando velocidades erosivas o sedimentación en la misma.

8.2.1. Caudal Producido por las Áreas de Aporte

Para el cálculo de los caudales producidos por las áreas de aporte se utilizará la fórmula racional, debido a su simplicidad y ya que es el más utilizada cuando se tienen cuencas pequeñas. “La fórmula racional expresa que la descarga es igual a

un porcentaje de la precipitación multiplicado por el área de la cuenca" [20]. La fórmula racional es la siguiente:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Ecuación 8-8

Dónde:

Q = Descarga, m^3/s
C = Coeficiente de escorrentía
I = Intensidad de la precipitación, mm/h
A = Área de la cuenca, km^2

El coeficiente de escorrentía se determina utilizando la tabla del Anexo G.3, por lo que es necesario conocer la cobertura del suelo y su permeabilidad; para ello se utilizó un mapa del uso y cobertura del suelo en formato SHP descargado del GEOPORTAL del agro ecuatoriano, del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

En el área de estudio se tienen 50% de pastos cultivados y 50% de arboricultura tropical, con un amplio rango de pendientes del terreno, por lo que se ha establecido un coeficiente de escorrentía **C igual a 0.50** para todas las áreas de aporte. Este coeficiente de 0.50 nos permite trabajar del lado de la seguridad, puesto que es improbable que más de la mitad de la precipitación, se transforme en escorrentía.

Utilizando el trazado horizontal de la vía y la topografía, se han determinado las áreas cuya escorrentía fluye hacia la vía. También se ha seccionado la vía en tramos divididos por puntos altos, bajos, y lugares donde se realizaran las descargas de los caudales estimados, evitando tener tramos mayores a 300 m. Las áreas de aporte y la división en tramos de la vía 9T_LCH2_1 se muestran en Tabla 8-4.

En la Tabla 8-4 también se realiza el cálculo de la intensidad máxima para el periodo de retorno "TR" y con un tiempo de concentración "tc" calculado para cada área de aporte. Sin embargo, para todas las áreas de aporte se han calculado tiempos de concentración inferiores a los 5 minutos, por lo que se utiliza un tiempo de concentración mínimo igual a **5 minutos** para todas las áreas de aporte, y se calcula la intensidad máxima utilizando la Ecuación 8-1. Una vez determinada la intensidad máxima, se aplica la fórmula racional y se obtienen los caudales producidos por estas áreas de aporte, mostrados en la Tabla 8-4.

A partir de la abscisa 0+794.00 hasta la 0+909.00 se ha añadido un canal paralelo a la vía, el área de aporte para este canal se muestra en la Tabla 8-5. La cuneta en este tramo solamente recibirá el agua que escurre de la vía.

Tabla 8-4: Cálculo de los caudales máximos producidos por las áreas de aporte – Vía 9T_LCH2_1.

Cuneta	Inicio Tramo	Fin Tramo	Área Aporte (m^2)	t_c (min)	I_{TR} (mm/h)	C	Q (m^3/s)	Q (l/s)
	0+000.00	0+203.45	0	5.0	178.0	0.5	0	0
	0+425.00	0+203.45	1264.9	5.0	178.0	0.5	0.03	31.3
			68.7	5.0	178.0	0.5	0.00	1.7
	0+425.00	0+603.26	122.0	5.0	178.0	0.5	0.00	3.0
	0+742.50	0+603.26	472.0	5.0	178.0	0.5	0.01	11.7
	0+742.50	0+794.00	2072.6	5.0	178.0	0.5	0.05	51.2
	0+794.00	0+909.00	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0
Izq.	-	0+909.00	446.8	5.0	178.0	0.5	0.01	11.0
	-	1+005.24	139.3	5.0	178.0	0.5	0.00	3.4
	1+132.00	1+005.24	133.8	5.0	178.0	0.5	0.00	3.3
	1+365.70	1+132.00	316.1	5.0	178.0	0.5	0.01	7.8
			363.4	5.0	178.0	0.5	0.01	9.0
	1+365.70	1+450.00	76.7	5.0	178.0	0.5	0.00	1.9
			381.2	5.0	178.0	0.5	0.01	9.4
	1+521.31	1+450.00	2122.6	5.0	178.0	0.5	0.05	52.5
	0+000.00	0+203.45	6410.0	5.0	178.0	0.5	0.16	158.4
	0+425.00	0+203.45	2867.3	5.0	178.0	0.5	0.07	70.9
			869.4	5.0	178.0	0.5	0.02	21.5
	0+425.00	0+603.26	1461.0	5.0	178.0	0.5	0.04	36.1
	0+742.50	0+603.26	351.2	5.0	178.0	0.5	0.01	8.7
Der.	0+742.50	0+909.00	161.1	5.0	178.0	0.5	0.00	4.0
	0+909.00	1+005.24	117.0	5.0	178.0	0.5	0.00	2.9
	1+110.00	1+005.24	27.6	5.0	178.0	0.5	0.00	0.7
	1+365.70	1+110.00	3310.9	5.0	178.0	0.5	0.08	81.8
	1+365.70	1+450.00	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0
	1+521.31	1+450.00	507.3	5.0	178.0	0.5	0.01	12.5

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 8-5: Cálculo del caudal máximo producido por el área de aporte hacia el canal ubicado entre las abscisas 0+794.00 y 0+909.00.

Área Aporte (m^2)	t_c (min)	I_{TR} (mm/h)	C	Q (m^3/s)	Q (l/s)
7102.8	5.0	178.0	0.5	0.18	175.6

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

El cálculo de los caudales máximos producido por las áreas de aporte para las demás vías se encuentra en el Anexo H.

8.2.2. Caudal que Escurre de la Vía

El cálculo del caudal que se produce por el escurrimiento del agua que cae sobre la vía se realiza determinando un caudal unitario por ancho de la misma. Este caudal unitario lo podemos deducir de la fórmula racional, considerando que no se produce infiltración en la superficie de la vía, con lo que tenemos:

$$q_u = \frac{I * a_c}{3.6 * 10^6}$$

Ecuación 8-9

Dónde:

q_u = Caudal unitario, $m^3/s/m$

I = Intensidad de la precipitación, mm/h

a_c = Ancho del carril, m

El análisis se hace de manera general para todo el tramo, por lo que no se considera el ensanchamiento de los carriles; además, se ha considerado un tiempo de concentración de 5 min, con lo que se obtiene una intensidad de 178 mm/h. Aplicando la Ecuación 8-9 para los caminos vecinales tipo 6, tenemos para un carril de 3 m de ancho un caudal unitario de 0.000148 $m^3/s/m$; mientras que para los caminos tipo 4, se considera un carril de 2 m de ancho, con lo que se obtiene un caudal unitario de 9.8871E-05 $m^3/s/m$.

Tabla 8-6: Cálculo de los caudales máximos producido por el escurrimiento en la calzada - Vía 9T_LCH2_1.

Cuneta	Inicio Tramo	Fin Tramo	Ancho Carril (m)	Q unitario ($m^3/s/m$)	Longitud Tramo (m)	Q vía (m^3/s)	(l/s)
Izq.	0+000.00	0+203.45	3	0.000148	203.45	0.0302	30.2
	0+425.00	0+203.45	3	0.000148	221.55	0.0329	32.9
	0+425.00	0+603.26	3	0.000148	178.26	0.0264	26.4
	0+742.50	0+603.26	3	0.000148	139.24	0.0207	20.7
	0+742.50	0+794.00	3	0.000148	51.50	0.0076	7.6
	0+794.00	0+909.00	3	0.000148	115.00	0.0171	17.1
	-	0+909.00	3	0.000148	24.00	0.0036	3.6
	-	1+005.24	3	0.000148	113.00	0.0168	16.8
	1+132.00	1+005.24	3	0.000148	126.76	0.0188	18.8
	1+365.70	1+132.00	3	0.000148	233.70	0.0347	34.7
	1+365.70	1+450.00	3	0.000148	84.30	0.0125	12.5
	1+521.31	1+450.00	3	0.000148	71.31	0.0106	10.6
Der.	0+000.00	0+203.45	3	0.000148	203.45	0.0302	30.2
	0+425.00	0+203.45	3	0.000148	221.55	0.0329	32.9
	0+425.00	0+603.26	3	0.000148	178.26	0.0264	26.4
	0+742.50	0+603.26	3	0.000148	139.24	0.0207	20.7
	0+742.50	0+909.00	3	0.000148	166.50	0.0247	24.7
	0+909.00	1+005.24	3	0.000148	96.24	0.0143	14.3
	1+110.00	1+005.24	3	0.000148	104.76	0.0155	15.5
	1+365.70	1+110.00	3	0.000148	255.70	0.0379	37.9
	1+365.70	1+450.00	3	0.000148	84.30	0.0125	12.5
	1+521.31	1+450.00	3	0.000148	71.31	0.0106	10.6

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

El caudal al final de cada tramo, se obtiene multiplicando la longitud total del tramo por el caudal unitario correspondiente. Para simplificar el diseño, se ha considerado

como longitud de tramo para la cuneta derecha e izquierda, la longitud correspondiente al eje central.

La Tabla 8-6 muestra el cálculo de los caudales máximos producidos por la calzada de la vía 9T_LCH2_1. En esta tabla se observan dos tramos cuyo inicio no se ha definido, y esto es debido a que ese escurrimiento producido por la vía 35V que se empalma con la vía 9T_LCH2_1.

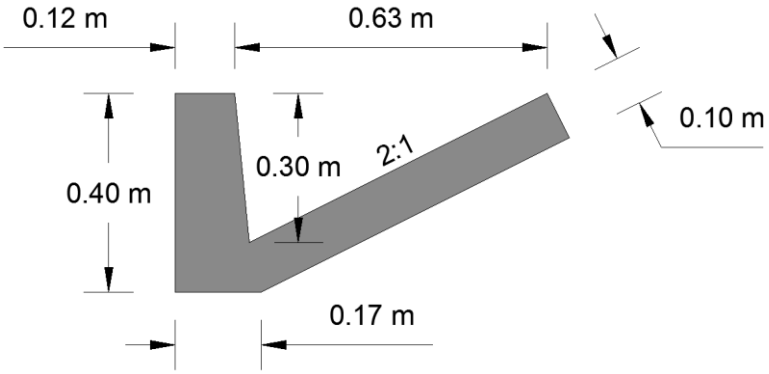
El cálculo de los caudales máximos producido por el escurrimiento de la calzada para las demás vías se encuentra en el Anexo H.

8.2.3. Diseño de las Cunetas y Canales

Las cunetas son canales ubicados de manera paralela al costado de la vía. Se ha seleccionado para las 7 vías de reposición una cuneta de hormigón simple (f'c=180 kg/cm^2) con sección triangular con un ancho total de 0.75 m, 0.30 m de profundidad, un talud interno con inclinación 2:1 (H:V) y un talud externo con inclinación 0.1:1, como se muestra en la Ilustración 8-1.

Se ha escogido una cuneta revestida con hormigón, para proteger la subrasante de la vía, debido a su baja resistencia y mediano potencial de hinchamiento. También se ha escogido el hormigón, ya que se tienen algunos tramos con pendientes pronunciadas, por lo que se producen velocidades elevadas, que erosionarían fácilmente otros materiales.

Ilustración 8-1: Sección de la cuneta para las vías de reposición.

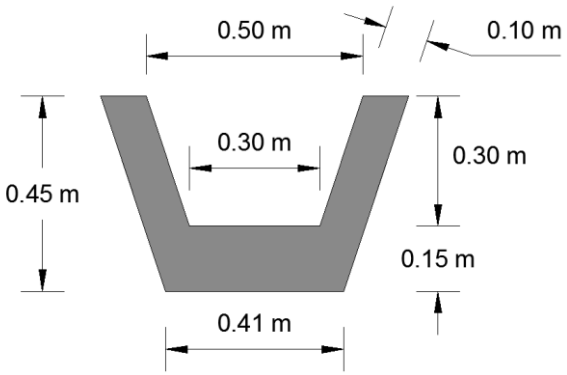


Ya que se ha establecido una cuneta general para todas las vías de reposición, el diseño hidráulico consiste en comprobar que esta cuneta pueda transportar los diferentes caudales producidos en cada tramo, sin producir velocidades erosivas.

El caudal total que deberán transportar las cunetas se calcula sumando el caudal producido por las áreas de aporte más el caudal que escurre de la vía. Para la vía 9T_LCH2_1 se suman los valores obtenidos en las Tablas 8-4 y 8-6, para obtener los caudales mostrados en la Tabla 8-9.

Para el tramo comprendido entre las abscisas 0+794.00 y 0+909.00 de la vía 9T_LCH2_1, se diseñó un canal trapezoidal revestido con hormigón simple, como se muestra en la Ilustración 8-2.

Ilustración 8-2: Canal trapezoidal para la vía 9T_LCH2_1.



Para el cálculo hidráulico se utiliza la ecuación de Manning, que es la siguiente [30]:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Ecuación 8-10

Dónde:

V = Velocidad media, m/seg
R = Radio hidráulico, m
S = Pendiente longitudinal, m/m
n = Coeficiente de rugosidad de Manning

Para la utilización de la ecuación de Manning, se definen los siguientes elementos geométricos de una sección de canal:

- "la *profundidad de flujo* "*y*" es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre" [30].
- "*El área mojada A* es el área de la sección transversal del flujo perpendicular a la dirección de flujo" [30].
- "El *perímetro mojado P* es la longitud de la línea de intersección de la superficie de canal mojada y de un plano transversal perpendicular a la dirección de flujo" [30].
- "El *radio hidráulico* es la relación del área mojada con respecto a su perímetro mojado" [30], se expresa:

$$R = A/P$$

Ecuación 8-11

Además, se sabe que [30]:

$$Q = V * A$$

Ecuación 8-12

Se calculará la profundidad del flujo “y” y la velocidad “V” que producen los caudales máximos determinados, para ello se aplican las Ecuaciones 8-10, 8-11 y 8-12. Para los cálculos se ha utilizado un valor **n de Manning** igual a **0.014** correspondiente al concreto sin pulir [30].

Para el canal ubicado entre las abscisas 0+794.00 y 0+909.00, se ha calculado un caudal total igual a la sumatoria de: el caudal producido por el área de aporte desde la abscisa 0+742.50 hasta la 0+794.00, el caudal producido por la vía desde la abscisa 0+742.50 hasta la 0+794.00, y al caudal producido por el área de aporte desde la abscisa 0+794.00 hasta la 0+909.00; teniendo un total de 234.4 l/s. Un canal con sección trapezoidal, pendiente longitudinal de 0.014 m/m, y un coeficiente de rugosidad de 0.014; para un caudal de 234.4 l/s, necesitará un profundidad de flujo de 0.28 m, y su flujo tendrá una velocidad de 2.10 m/s.

Para todos los tramos se ha comprobado que la velocidad del flujo sea inferior a la velocidad erosiva en el hormigón, cuyo rango de valores se muestra en la Tabla 8-7. Por seguridad se evita que las velocidades no excedan el valor de 4.50 m/s. Si se tienen velocidades erosivas, se deberá construir “caídas”; o, si no resulta perjudicial para el diseño, analizar la modificación el alineamiento vertical.

Tabla 8-7: Valores máximos de velocidades no erosivas en cunetas [18].

Material	Velocidad (m/seg)	Material	Velocidad (m/seg)
Arenas finas y limos	0.40 - 0.60	Grava fina	1.50 - 2.00
Arcilla arenosa	0.50 - 0.75	Pizarras suaves	1.50 - 2.00
Arcilla	0.75 - 1.00	Grava gruesa	2.00 - 3.50
Arcilla firme	1.00 - 1.50	Zampeados	3.00 - 4.50
Grava limosa	1.00 - 1.50	Rocas sanas y hormigón	4.50 - 7.50

Fuente: Ministerio de Obras Públicas. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.

Los cálculos fueron realizados utilizando una hoja electrónica y los resultados para la vía 9T_LCH2_1 se muestran en la Tabla 8-9 y Tabla 8-8. El cálculo del caudal total y la comprobación del flujo en las cunetas para las demás vías de reposición se muestran en el Anexo H. La cuneta seleccionada cumple hidráulicamente para las siete vías de reposición.

Tabla 8-8: Caudal total y características del flujo para el canal ubicado entre las abscisas 0+794.00 y 0+909.00 en la vía 9T_LCH2_1.

G (m/m)	Ancho base “b” (m)	y (m)	V (m/s)	Q total (l/s)
0.014	0.30	0.28	2.10	234.4

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 8-9: Caudal total y características del flujo en las cunetas - Vía 9T_LCH2_1.

Cuneta	Inicio Tramo	Fin Tramo	G (m/m)	y (m)	V (m/s)	Q total (l/s)
Izq.	0+000.00	0+203.45	0.063	0.12	2.04	30.2
	0+425.00	0+203.45	0.005	0.26	0.96	65.8
	0+425.00	0+603.26	0.055	0.12	1.93	29.5
	0+742.50	0+603.26	0.034	0.14	1.65	32.3
	0+742.50	0+794.00	0.014	0.20	1.37	58.9
	0+794.00	0+909.00	0.014	0.13	1.01	17.1
	-	0+909.00	0.090	0.08	1.95	14.6
	-	1+005.24	0.046	0.11	1.64	20.2
	1+132.00	1+005.24	0.005	0.17	0.73	22.1
	1+365.70	1+132.00	0.012	0.20	1.25	51.5
	1+365.70	1+450.00	0.005	0.17	0.74	23.8
	1+521.31	1+450.00	0.005	0.25	0.95	63.0
Der.	0+000.00	0+203.45	0.063	0.24	3.23	188.6
	0+425.00	0+203.45	0.024	0.24	2.03	125.2
	0+425.00	0+603.26	0.055	0.16	2.33	62.5
	0+742.50	0+603.26	0.034	0.13	1.61	29.3
	0+742.50	0+909.00	0.014	0.15	1.15	28.7
	0+909.00	1+005.24	0.046	0.10	1.58	17.2
	1+110.00	1+005.24	0.005	0.15	0.68	16.2
	1+365.70	1+110.00	0.012	0.27	1.55	119.8
	1+365.70	1+450.00	0.005	0.14	0.63	12.5
	1+521.31	1+450.00	0.005	0.17	0.74	23.1

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

8.3. Drenaje Transversal

El objetivo del drenaje transversal, es proveer las facilidades para el paso de las aguas, de un lado al otro del cuerpo de la vía [20]. El drenaje transversal lo conforman principalmente las alcantarillas, y para este estudio también se han considerado las rampas de descarga. Las alcantarillas son conductos cerrados que generalmente sustituyen un cauce de agua pequeño, cuando este se ve obstaculizado por el terraplén de la vía.

El estudio se ha dividido en el diseño de dos tipos de alcantarillas: las que evacuarán los caudales producidos por la calzada y por las pequeñas áreas de aporte (caudales transportados por las cunetas), y las que permitirán el paso de los cauces naturales existentes con cuencas de aporte considerables.

Los caudales calculados para el drenaje longitudinal, constituyen los caudales de diseño para las alcantarillas sin cruce de cauces de agua; mientras que para las alcantarillas que sustituyen un cauce de agua significativo, la estimación de los caudales de diseño se centra en el análisis hidrológico de la cuenca de aporte.

8.3.1. Estimación de Caudales para Cuencas Hidrográficas

La vía 9T_LCH2_1 es la única que atraviesa cauces de agua con cuencas de aporte significativas. Estos cauces se ubican en las abscisas 0+595.00 y 0+988.50. El cauce ubicado en la abscisa 0+595.00 no posee nombre, por lo que su cuenca hidrográfica será llamada “Cuenca SN”; mientras que el cauce ubicado en la abscisa 0+988.50 tiene el nombre de “Estero la Muralla”, por lo que su cuenca hidrográfica será llamada de igual manera. En la siguiente tabla se describen las características de las cuencas.

Tabla 8-10: Parámetros morfométricos de las cuencas hidrográficas.

Cuenca Hidrográfica	A_c (Km^2)	P_c (Km)	H (m)	L_b (m)	S_c (%)
Cuenca SN	2.32	9.04	17	3022	11.66
Estero La Muralla	4.24	16.58	24	6777	11.48

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Por su simplicidad, la fórmula racional no es aplicable para cuencas de este tamaño (>1.6 km^2). Por lo tanto se ha realizado una modelación hidrológica utilizando el programa HEC-HMS, que se basa en el método de la Soil Conservation Service, para estimar el caudal máximo producido por la cuenca para el tiempo de retorno de 25 años.

Método de la Soil Conservation Service (SCS) para Abstracciones

Este método fue desarrollado en 1972, para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta. Para entender el método se definen las siguientes variables:

- *P*: Profundidad de precipitación
- P_e: Exceso de precipitación o escorrentía directa
- F_a: Profundidad adicional del agua retenida en la cuenca
- *S*: Retención potencial máxima
- I_a: Abstracción inicial

Para la tormenta como un todo, P_e siempre es menor que *P*; de manera similar, después de iniciada la escorrentía, F_a es menor o igual a *S*. Existe una cierta cantidad de precipitación I_a para la cual no se tendrá escorrentía, teniendo como escorrentía potencial a $P - I_a$ [31]. “La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir” [31]:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

Ecuación 8-13

Del principio de continuidad se tiene:

$$P = P_e + I_a + F_a$$

Ecuación 8-14

Despejando F_a y despejando P_e en las Ecuaciones 8-13 y 8-14, se tiene:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Ecuación 8-15

Estudiando resultados obtenidos para pequeñas cuencas experimentales, se ha obtenido la siguiente ecuación empírica [32].

$$I_a = 0.2 * S$$

Ecuación 8-16

Por lo tanto, la Ecuación 8-15 se reduce a [32]:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{P + 0.8 * S}$$

Ecuación 8-17

Para relacionar las soluciones de las ecuaciones de escorrentía con el tipo de suelo, su uso y su humedad antecedente; se ha establecido un numero adimensional de curva CN, tal que 0 ≤ CN ≤ 100. CN igual a 100 para superficies impermeables y superficies de agua; CN < 100 para superficies naturales [31].

El número de curva se calcula para un determinado tipo de *condiciones antecedentes de humedad* (AMC, por sus siglas en inglés) [31]. Existen tres tipos de AMC y se determinan como lo muestra la siguiente tabla.

Ecuación 8-18: Clasificación de clases de humedad antecedente (AMC).

Condiciones antecedentes de humedad "AMC"	**Precipitación total en los 5 días previos al evento (cm)**
I	0 - 3.30
II	3.50 - 5.25
III	Más de 5.25

Fuente: Soil Conservation Service. (1972). *National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology* (U. S. Dept. of Agriculture, Vol. Section 4, Hydrology). Washington, D.C.

Los números de curva han sido definidos por la SCS en base al tipo de suelo y el uso de la tierra. Para ello se definen los siguientes grupos [31]:

- Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
- Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
- Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.
- Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

El número de curva y S (en milímetros) están relacionados por:

$$S = 254 * \left(\frac{1000}{\text{CN}} - 10\right)$$

Ecuación 8-19

Modelación Hidrológica con HEC-HMS

El Sistema de Modelación Hidrológica del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-HMS, por sus siglas en inglés) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, está diseñado para simular los procesos precipitación-escorrentía en un sistema de cuencas [33]. Este programa ha sido utilizado para obtener los caudales máximos para los cuales se diseñaran las alcantarillas para los cauces ubicados en las abscisas 0+595.00 y 0+988.50 de la vía 9T_LCH_2.

Para la modelación, es necesario conocer la abstracción inicial, la retención potencial máxima, y por ende el número de curva.

Para la zona de estudio, se ha considerado una humedad antecedente **tipo II** [34]; Además, de acuerdo a los estudios de suelos, el grupo que más se aproxima a los suelos de la zona es el **grupo C**. Utilizando el Anexo G.4, y sabiendo que en el área se tienen 50 % de pastos cultivados (CN=79) y 50 % de arboricultura tropical (CN=73), se ha determinado para toda el área de estudio un **número de curva ponderado de 76**.

Utilizando las Ecuaciones 8-16 y 8-19, tenemos una **retención potencial máxima de 80.21 mm** y una **abstracción inicial de 16.04 mm,** para las dos cuencas.

Para incluir otros parámetros de la cuenca como su pendiente media y la longitud del cauce principal en la modelación hidrológica, se calcula el *tiempo de retardo* t_r; el cual se define como el lapso de tiempo entre el inicio de la escorrentía sobre una cuenca en un evento de precipitación, hasta que la escorrentía alcanza su pico máximo [35]. El tiempo de retardo se calcula de la siguiente manera:

$$t_r = \frac{2.587 * {L_b}^{0.8} * \left(\frac{1000}{\text{CN}} - 9\right)^{0.7}}{1900 * {S_c}^{0.5}}$$

Ecuación 8-20

Dónde:

t_r = Tiempo de retardo, horas
L_b = Longitud del cauce principal, m
CN = Número de curva
S_c = Pendiente media de la cuenca, %

Los valores calculados del tiempo de retardo para las dos cuencas se muestran en la Tabla 8-11.

Para poder realizar la modelación hidrológica, es necesario conocer la distribución temporal de la profundidad de una precipitación a lo largo de una tormenta. Para

ello se han construido hietogramas de acuerdo a la duración esperada de la tormenta.

Para definir la duración de la tormenta, se calcula el tiempo de concentración utilizando los datos descritos en la Tabla 8-10 en la Ecuación 8-7. Los tiempos de concentración calculados se muestran en la Tabla 8-11:

Tabla 8-11: Tiempos de concentración y retardo para las cuencas hidrográficas.

Cuenca Hidrográfica	t_c (min)	t_r (min)
Cuenca SN	68.6	39.5
Estero La Muralla	152.6	75.9

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 8-12: Hietogramas de la estación Pichilingue con duraciones de 2 y 3 horas, para una precipitación máxima de 163.2 mm

Duración = 2 horas			Duración = 3 horas		
t (min)	Lluvia (mm)	Hietograma Construido (mm)	t (min)	Lluvia (mm)	Hietograma Construido (mm)
5	12.62	1.52	10	23.17	1.85
10	23.17	1.70	20	39.95	2.19
15	32.18	1.90	30	52.71	2.62
20	39.95	2.17	40	62.80	3.39
25	46.72	2.48	50	71.01	4.34
30	52.71	2.89	60	77.83	5.78
35	58.03	3.56	70	83.61	8.21
40	62.80	4.29	80	88.57	12.76
45	67.09	5.32	90	92.91	23.17
50	71.01	6.77	100	96.71	16.78
55	74.57	9.01	110	100.11	10.09
60	77.83	12.62	120	103.14	6.82
65	80.72	10.56	130	105.76	4.96
70	83.61	7.77	140	108.38	3.80
75	86.09	5.99	150	110.57	3.04
80	88.57	4.77	160	112.75	2.62
85	90.74	3.92	170	114.61	2.19
90	92.91	3.26	180	116.46	1.85
95	94.81	2.89			
100	96.71	2.48			
105	98.41	2.17			
110	100.11	1.90			
115	101.62	1.70			
120	103.14	1.52			
Precipitación Total		103.14	**Precipitación Total**		116.46

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Para los tiempos de concentración de 68.6 y 152.6 minutos en las dos cuencas, se han elaborado hietogramas con duraciones de 2 y 3 horas, utilizando la intensidad máxima diaria para un periodo de retorno de 25 años. Al ser la estación Pichilingue la más cercana a la zona de estudio, para la elaboración de los hietogramas se utilizan los porcentajes de lluvia caída en 24 horas de esta estación, y que se

encuentran en el Anexo G.1. Los hietogramas obtenidos se muestran en la Tabla 8-12, y han sido calculados con intervalos de tiempo de 5 y 10 minutos para las duraciones de 2 y 3 horas respectivamente.

Una explicación de los parámetros requeridos para realizar la modelación con el programa HEC-HMS, se encuentra en el Anexo G.2. Además de los hietogramas, los datos utilizados en la modelación de las dos cuencas se encuentran resumidos en la Tabla 8-13.

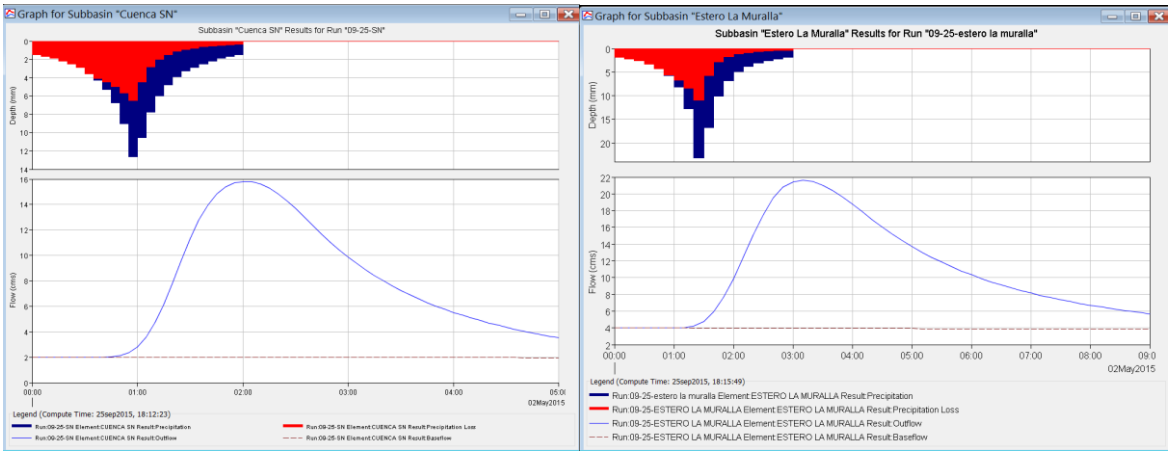
Una vez realizada la modelación, se ha obtenido un caudal máximo para la cuenca **"Cuenca SN"** de **15.80 m^3/s**; y para la cuenca **"Estero La Muralla"** un caudal de **21.60 m^3/s.** Los hidrogramas de diseño para estas cuencas se muestran en la Ilustración 8-3.

Tabla 8-13: Parámetros utilizados en la modelación hidrológica con el programa HEC-HMS.

Subbasin	**Name**	Cuenca SN	Estero La Muralla
	Area (km^2)	2.32	4.24
	Loss Method	SCS Curve Number	SCS Curve Number
	Transform Method	SCS Unit Hydrograph	SCS Unit Hydrograph
Loss	**Initial Abstraction (mm)**	16.04	16.04
	Curve Number	76.0	76.0
	Impervios (%)	0.0	0.0
Transform	**Graph Type**	Delmarva	Delmarva
	Lag Time (mim)	39.5	75.9
Baseflow	**Initial Discharge (m^3/s)**	2	5
	Recession Constant	0.9	0.9
	Threshold Type	Ratio to Peak	Ratio to Peak
	Ratio	0.1	0.1

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ilustración 8-3: Hidrogramas de diseño para las cuencas "Cuenca SN" y "Estero La Muralla".



8.3.2. Consideraciones Técnicas

Para poder realizar el diseño hidráulico de las alcantarillas, además de asegurar que las mismas puedan transportar los caudales establecidos, se toma en cuenta:

- **Localización**. Las alcantarillas deben construirse, en lo posible, siguiendo las características naturales de los cauces (pendiente, alineación, cotas de entrada y salida) [18].
- **Carga admisible a la entrada**. Se ha considerado disponer de un bordo mínimo de 1.0 m medido desde el nivel de la rasante, y que no será mayor a 1.2 veces la altura del ducto [18]. Para alcantarillas tipo cajón, el bordo mínimo considerado es de 0.6 m.
- **Pendiente**. La pendiente deberá ser la que garantice que no se produzcan velocidades excesivas ni sedimentación. La pendiente mínima adoptada para evitar la sedimentación es de 0.5 % [18].
- **Velocidad de la corriente**. Se debe controlar la velocidad a la salida y/o entrada de la alcantarilla, para evitar la erosión del material del cauce [18].
- **Tipo de alcantarilla**. Se seleccionará la alcantarilla más adecuada, de acuerdo a la funcionalidad hidráulica y estructural, además de considerar el aspecto económico [18]. Para tubos se requiere un relleno mínimo sobre los mismos de 0.60 m, mientras que la losa superior de una alcantarilla tipo cajón, puede servir de superficie de rodadura.

8.3.3. Ubicación de Alcantarillas

Para ubicar las alcantarillas, se ha hecho un análisis del alineamiento vertical y horizontal con los cauces de agua identificados en la topografía. La mayoría de vías de reposición están localizadas en la divisoria de aguas de la topografía del lugar; por lo que en la mayoría de casos, se pueden evacuar los caudales conducidos por las cunetas mediante rampas de descarga a ambos costados de la vía.

Para los puntos en los cuales se requiere alcantarillas, se ha identificado la abscisa de descarga, la abscisa de la alcantarilla, el tipo de entrada y salida (CA o AA), el sentido en el que escurrirá el agua en la alcantarilla de acuerdo a la dirección que sigue la vía, el caudal estimado que circulará en la misma, y se les ha asignado una identificación “Id” para diferenciarlas de acuerdo a la vía en la que se encuentran.

El caudal se obtiene sumando los caudales producidos por las cunetas, canales y cuencas hidrográficas, que se descargan en un mismo punto. Para la vía 9T_LCH2 los caudales se obtienen de la Tabla 8-9, mientras que para las demás vías de reposición, los caudales se obtienen del Anexo H. Los caudales obtenidos se muestran en la Tabla 8-14.

La abscisa de descarga corresponde al punto más bajo del eje de la vía en un tramo del alineamiento vertical, o a un punto en el cual se ha requerido ubicar una alcantarilla por motivos hidráulicos. La abscisa de la alcantarilla corresponde al punto en el cual está el centro de la alcantarilla, debajo del eje de la vía. La abscisa de descarga y la abscisa de la alcantarilla no coinciden cuando se dan cualquiera de las siguientes situaciones: la primera se da cuando la alcantarilla no es perpendicular al eje de la vía, en este caso se especificará en los planos del Anexo

N (alineamiento horizontal) el ángulo formado por una recta perpendicular a la vía y la alcantarilla; la segunda situación se presenta cuando por motivos constructivos o hidráulicos la alcantarilla no ha sido ubicada directamente debajo del punto más bajo en el tramo correspondiente.

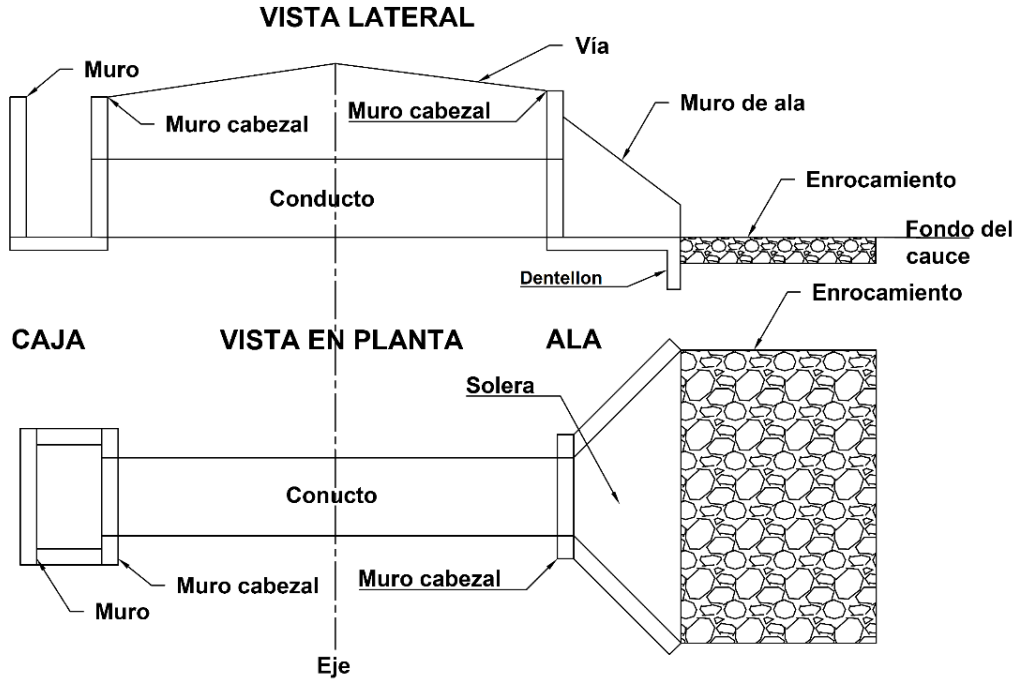
Tabla 8-14: Ubicación, tipo (entrada y salida), y caudales de diseño para las alcantarillas de las vías de reposición.

Vía	Abscisa Descarga	Abscisa Alcantarilla	Id	Tipo	Sentido	Caudal	
						(l/s)	(m^3/s)
93V_LCH2_1	0+107.23	0+106.71	ALC-93V-1	CA	I-D	58.6	0.059
37V_LCH2_2	0+666.25	0+666.25	ALC-37V-1	CA	D-I	155.3	0.155
9T_LCH2_1	0+203.45	0+194.00	ALC-9T-1	AA	D-I	313.8	0.314
	0+603.26	0+595.00	ALC-9T-2	AA	I-D	15861.8	15.862
	0+909.00	0+909.00	ALC-9T-3	CA	I-D	266.1	0.266
	1+005.24	1+000.00	ALC-9T-4	AA	I-D	21642.3	21.642
	1+450.00	1+450.00	ALC-9T-5 (paso de agua)	CA	I-D	86.9	0.087
101V_AGT_1	0+764.27	0+763.00	ALC-101V-1	CA	D-I	25.7	0.026
126V_AGT_2	0+138.77	0+137.69	ALC-126V-1	CA	I-D	222.7	0.223

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

El tipo de entrada o salida, representa la estructura que sirve de transición entre el cauce natural (o descarga de cunetas) y la alcantarilla, además de proveer soporte y protección para el terraplén de la vía. Se tendrán dos tipos de alcantarillas, cuya diferencia se encuentra en el tipo de entrada, pudiendo ser esta de tipo ala o caja; la salida por otra parte será siempre de tipo ala. La Ilustración 8-4 muestra un esquema de una alcantarilla con entrada tipo caja y salida tipo ala.

Ilustración 8-4: Alcantarilla tipo CA (cajón-ala).



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

8.3.4. Hidráulica en Alcantarillas

La metodología comúnmente utilizada en el diseño de alcantarillas es la desarrollada a inicios de la década de 1950 por parte de la Federal Highway Administration (FHWA), anteriormente Bureau of Public Roads (BPR) del National Bureau of Standards (NBS), quien condujo investigaciones en laboratorios que arrojaron una serie de ecuaciones que fueron utilizadas para desarrollar nomogramas que permiten evaluar la hidráulica en las alcantarillas [36].

Condiciones de Flujo

El flujo a través de una alcantarilla puede ser lleno o parcialmente lleno. El flujo lleno es raro en una alcantarilla. Generalmente, al menos una parte del flujo fluye parcialmente lleno [36].

- **Flujo Lleno.** El flujo lleno en una alcantarilla es llamado flujo a presión, y puede darse por una elevada superficie del nivel de agua, ya sea aguas arriba o aguas abajo de la alcantarilla. Independientemente de la causa, la capacidad de la alcantarilla operando con flujo a presión es afectada por las condiciones aguas arriba y aguas abajo y por las características hidráulicas de la alcantarilla. [36]
- **Flujo Parcialmente Lleno.** También llamado flujo con superficie libre o flujo en canal abierto. Este flujo se clasifica en subcrítico, crítico o supercrítico, de acuerdo el número adimensional F_r llamado número de Froude [36].
    - Subcrítico: $F_r < 1$
    - Crítico: $F_r = 1$
    - Supercrítico: $F_r > 1$

"El efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales. Esta relación está dada por el *número de Froude*" [30], y para canales abiertos con baja pendiente se define como:

$$\mathrm{F_r} = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

Ecuación 8-21

Dónde:

F_r = Número de Froude
V = Velocidad media del flujo, m/s
g = Aceleración de la gravedad, m/s^2
D = Profundidad hidráulica, m

La *profundidad hidráulica D* es la relación entre el área mojada y el ancho en la superficie [30], es decir:

$$D = A/T$$

Ecuación 8-22

Dónde:

D = Profundidad hidráulica, m
A = Área mojada, m^2
T = Ancho superficial, m

Un tipo especial de flujo se produce cuando la alcantarilla trabaja a sección llena pero no a presión. El análisis para este tipo de flujo es igual que para el de superficie libre [36].

Tipos de Control de Flujo

El control a la entrada y salida son básicamente los dos tipos de control de flujo definidos en las investigaciones conducidas por la NBS y la FHWA (anteriormente BPR). La clasificación se basa en la ubicación de la sección de control [36].

- **Control a la Entrada.** Se da cuando la alcantarilla puede transportar más flujo del que la entrada aporta. La sección de control se encuentra justo dentro de la entrada y el régimen de flujo aguas abajo es supercrítico [36]. "Una alcantarillas que trabaja con control a la entrada recibe el nombre de *alcantarilla hidráulicamente corta*" [20].
- **Control de Salida.** Ocurre cuando la alcantarilla no es capaz de transportar tanto flujo como la abertura de la entrada lo permite. La sección de control está localizada a la salida de la alcantarilla o aguas abajo. Bajo estas condiciones se tiene un régimen subcrítico o flujo a presión en la alcantarilla [36]. "una alcantarilla que trabaja con control a la salida recibe el nombre de *alcantarilla hidráulicamente larga*" [20].

Dependiendo donde se ubique la sección de control, ciertos factores influencian el diseño de la alcantarilla. Si el control se ubica en la entrada, la rugosidad, longitud del conducto, y el nivel del agua en el cauce a la salida, son irrelevantes para el diseño. Estos factores se muestran en la Tabla 8-15.

La United States Geological Survey (USGS) ha identificado ciertos tipos de flujo que se dan en las alcantarillas, los cuales se muestran en el Anexo I.1. Se tiene un control en la entrada para los flujos tipo I y V, y control en la salida para los tipo II y VI; los demás pueden tener el control a la entrada o salida de la alcantarilla.

Estudios han podido establecer relaciones entre la altura de agua a la entrada del conducto, el caudal, y las dimensiones de la alcantarilla. Para el caso de las alcantarillas que trabajan con control de entrada, los resultados experimentales obtenidos se resumen en forma de nomogramas [20], como los del Anexo I.3 e I.4.

En alcantarillas que trabajan con control en la salida, para poder pasar el flujo a través de la misma, se requiere una carga o energía H. Esta carga equivale a la suma de las pérdidas en la entrada H_e, las pérdidas por fricción en el conducto H_f, y las pérdidas en la salida H_o [36].

Tabla 8-15: Factores que influencian el diseño de la alcantarilla.

Factor	Control a la Entrada	Control a la Salida
Profundidad del agua en la entrada	X	X
Área	X	X
Forma	X	X
Configuración de la entrada	X	X
Rugosidad del conducto	-	X
Longitud del conducto	-	X
Pendiente del conducto	X	X
Nivel del agua en el cauce a la salida	-	X

Nota: Para el control a la entrada, el área y los factores de forma están relacionados con el área y forma de la entrada. Para el control a la salida, estos están relacionados con el área y forma del conducto.

Fuente: Federal Highway Administration-US Department of Transportation. (2012). *Hydraulic Design of Highway Culverts* (3ra ed., Vol. HDS 5). Washington, D.C.

Para diferentes tipos de alcantarillas se pueden tener otros tipos de pérdidas como: las pérdidas en juntas, pérdidas por cambios de dirección, pérdidas por rejillas, etc. La energía necesaria H_L se expresa de la siguiente manera:

$$H = H_e + H_f + H_o$$

Ecuación 8-23

La carga debido a la velocidad es igual a:

$$H_v = \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 8-24

Dónde:

H_v = Carga de velocidad, m

V = Velocidad media del flujo en el conducto, m/s

g = Aceleración debido a la gravedad, m/s^2

Las pérdidas en la entrada pueden expresarse como función de la carga de velocidad, de la siguiente forma [36]:

$$H_e = k_e\left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

Ecuación 8-25

Dónde:

K_e = Coeficiente de pérdidas en la entrada

Los valores de K_e para diferentes configuraciones de entrada se dan en el Anexo I.2.

Las pérdidas por fricción en el conducto también están en función de la carga de velocidad [36]. Utilizando la Ecuación 8-10 de Manning, se obtiene:

$$H_f = \left[\frac{K_u n^2 L}{R^{4/3}}\right]\frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 8-26

Dónde:

K_u = 19.63 para el Sistema Internacional (29 en unidades Inglesas)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

L = Longitud del conducto, m

R = Radio hidráulico, m

Las pérdidas en la salida son una función del cambio de velocidad producido en la salida del conducto de la alcantarilla. Para una expansión repentina como en una pared tipo ala, la pérdida en la salida es [36]:

$$H_o = 1.0\left[\frac{V^2}{2g} - \frac{V_d^2}{2g}\right]$$

Ecuación 8-27

Dónde:

V_d = Velocidad del canal aguas abajo, m/s

El valor de 1.0 se puede remplazar por un valor menor, para no sobredimensionar la pérdida. Generalmente la velocidad aguas abajo suele omitirse [36], por lo que tenemos:

$$H_o = H_v = \frac{V^2}{2g}$$

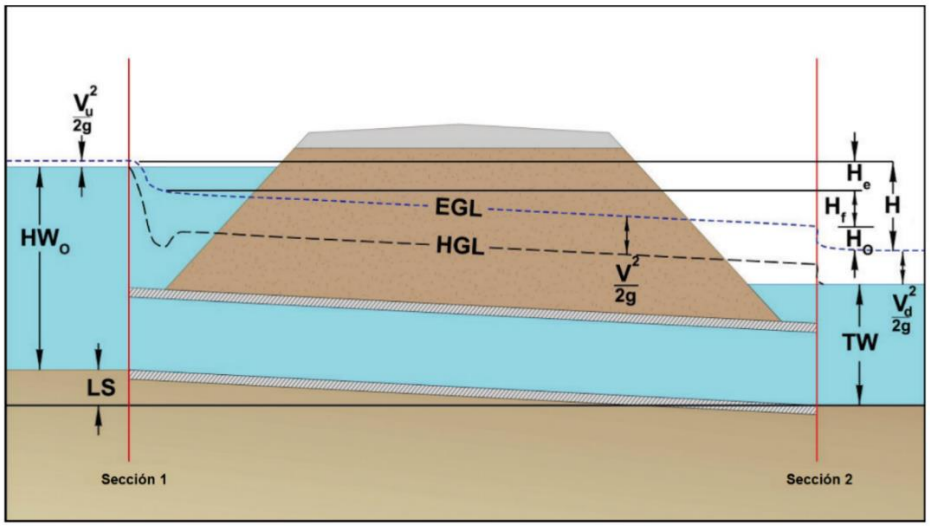
Ecuación 8-28

Reemplazando las Ecuaciones 8-25, 8-26 y 8-28 en la Ecuación 8-23, obtenemos la siguiente ecuación para pérdidas en el conducto:

$$H = \left[1 + k_e + \frac{K_u n^2 L}{R^{4/3}}\right]\frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 8-29

Ilustración 8-5: Energía en flujo a sección llena (EGL) y líneas de altura hidráulica (HGL) [36].



Fuente: Federal Highway Administration-US Department of Transportation. (2012). *Hydraulic Design of Highway Culverts* (3ra ed., Vol. HDS 5). Washington, D.C.

Las condiciones aguas arriba y aguas abajo como también las pérdidas en la entrada, salida y por fricción, se muestran en la Ilustración 8-5. Igualando la energía total en las secciones 1 y 2 (aguas arriba y aguas debajo de la alcantarilla) de la Ilustración 8-5, tenemos [36]:

$$HW_o + L * S + \frac{V_u^2}{2g} = TW + \frac{V_d^2}{2g} + H$$

Ecuación 8-30

Dónde:

HW_o = Altura del agua en la entrada (aguas arriba), m
V_u = Velocidad aguas arriba, m/s
TW = Altura del agua en la salida (aguas abajo), m
V_d = Velocidad aguas abajo, m/s
H = Sumatoria de las pérdidas en la entrada (H_e), por fricción (H_f), y a la salida (H_o), m
L = Longitud de la alcantarillas, m
S = Pendiente de la alcantarilla, m/m

En la mayoría de casos, las velocidades aguas arriba y aguas abajo suelen omitirse [36], por lo que la Ecuación 8-30 se transforma en:

$$HW_o = TW + H - L * S$$

Ecuación 8-31

En este caso, *H* es la diferencia de elevación entre el nivel de agua a la entrada y el nivel a la salida. Para simplificar los cálculos, se designa como h_o a la distancia entre el fondo del conducto a la salida y el plano que determinan las pérdidas calculadas, teniendo:

$$HW_o = h_o + H - L * S$$

Ecuación 8-32

Las ecuaciones anteriores han sido deducidas para una alcantarilla que fluye llena (flujos tipo IV y VI). Para alcantarillas que fluyen parcialmente llenas, si tenemos una altura de la alcantarilla *D* y una altura crítica d_c; la altura h_o se determina de forma aproximada y es igual a $(d_c+D)/2$ o a la altura del agua a la salida (*TW*), tomando el valor que sea mayor [20].

Si es que el control de flujo lo gobierna la salida, y la altura aguas arriba es menor a 1.2D, es posible que el flujo fluya parcialmente lleno en todo el conducto. En este caso se debe tomar precaución al aplicar el método aproximado para determinar h_o. Si la altura aguas arriba es menor a 0.75D, el método aproximado no debe usarse.

8.3.5. Análisis de Estructuras existentes

Debido a que se está mejorando la vía existente 35V, para los cauces que atraviesa esta vía ya existen estructuras de drenaje transversal. En la alcantarilla ubicada en la abscisa 0+988.50 se observa un mal funcionamiento hidráulico con fuerte erosión

a la salida de la misma, probablemente debido a velocidades excesivas y a la falta de estructuras de entrada y salida. Esta alcantarilla está conformada por dos tuberías de hormigon de 1.00 m de diámetro, colocados consecutivamente sin cumplir la norma, la cual exige una separación igual a D/2 para conductos con diámetros entre 0.60 a 1.80 m [18]. Una fotografía de esta alcantarilla se encuentra en el Anexo J.1.

También se observa que la vía 35V tenía un ruta diferente. El alineamiento anterior era recto y atravesaba el estero La Muralla aguas abajo de la ubicación actual, en una zona más amplia de la llanura aluvial de depositación. Para permitir el paso del estero, se encontraban alcantarillas circulares que han colapsado posiblemente debido a un error en el dimensionamiento de las mismas. Una ortofotografía de la alcantarilla colapsada se encuentra en el Anexo J.2.

8.3.6. Diseño Hidráulico de las Alcantarillas

Alcantarillas con Caudales Menores

Para las alcantarillas cuyos caudales máximos estimados son inferiores a 0.5 m^3/s, no se realizará un análisis del flujo en la alcantarilla, debido a que se utilizará los diámetro mínimo recomendado por el MTOP que es de 1.2 m [37]; por lo que se tienen profundidades de flujo pequeñas para estos caudales.

Tabla 8-16: Características geométricas y parámetros del flujo en las alcantarillas circulares del proyecto.

Id	Φ (m)	Long. (m)	S (m/m)	Cota S. (m)	Caudal (m^3/s)	y m	n	V m/s	Q m3/s	F_r
ALC-93V-1	1.20	5.20	0.02	56.714	0.059	0.12	0.024	1.05	0.060	1.18
ALC-37V-1	1.20	7.50	0.02	47.616	0.155	0.19	0.024	1.39	0.155	1.24
ALC-9T-1	1.20	7.15	0.02	49.969	0.314	0.26	0.024	1.71	0.314	1.27
ALC-9T-3	1.20	14.40	0.06	45.786	0.266	0.18	0.024	2.40	0.266	2.15
ALC-9T-5 (paso de agua)	0.60	10.10	0.02	58.781	0.087	0.17	0.024	1.27	0.087	1.14
ALC-101V-1	1.20	5.60	0.02	39.705	0.026	0.08	0.024	0.82	0.026	1.12
ALC-126V-1	1.20	5.60	0.02	40.387	0.223	0.22	0.024	1.55	0.223	1.26

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Todas las alcantarillas que transportaran caudales inferiores a 0.5 m^3/s serán de metal corrugado, con un valor **n de Manning** de **0.024** [30]. Estas alcantarillas trabajarán como canales abiertos, y para el cálculo de la profundidad y velocidad del flujo se emplean las Ecuaciones 8-10, 8-11 y 8-12.

Para evitar la acumulación de sedimentos, se diseña para que en la alcantarilla se produzca un flujo supercrítico. Las características geométricas de cada alcantarilla y los resultados obtenidos del cálculo de la profundidad y velocidad del flujo, como del número de Froude, se muestran en la Tabla 8-16.

Para la abscisa 1+450.00 de la vía 9T_LCH2_1, se ha decidido colocar un *paso de agua* con una tubería de 0.60 m de diámetro, debido a que la vía se encuentra sobre terreno plano. A continuación de este paso de agua, se deberá escavar una zanja y colocar dos alcantarillas de 0.60 m de diámetro y de 7 m, para permitir la descarga del caudal conducido por el paso de agua.

Alcantarillas con Caudales Considerables

El diseño básicamente consiste en analizar los dos tipos de control de flujo, y diseñar para el que produzca el menor rendimiento en la alcantarilla. Las alcantarillas que requieren este análisis están las ubicadas en las abscisas 0+595.00 y 1+000.00 en la vía 9T_LCH2_1, y los caudales para los cuales se diseñan se muestran en la Tabla 8-14.

Para la primera alcantarilla (0+595.00) se ha seleccionado una sección rectangular de hormigón (alcantarilla tipo cajón); mientras que la segunda (1+000.00) está conformada por dos secciones rectangulares de hormigón (alcantarilla tipo doble cajón). Ambas alcantarillas tienen una longitud de 7.0 m y su losa superior servirá de superficie de rodadura para la vía. La entrada y salida de las mismas tienen muros de ala que forman un ángulo de 45 grados con respecto al eje de la alcantarilla. Para una entrada con estas características se ha obtenido del Anexo I.2 un k_e igual 0.4.

El diseño se realiza mediante un procedimiento iterativo en el cual se varía las dimensiones de la alcantarilla, el tipo de entrada, la pendiente, la longitud, y las cotas de entrada y salida. Los valores constantes para los cuales se realiza el diseño son: el caudal de diseño "***Q***", y la altura del nivel de agua en la entrada "**HW_o**". También se considera una altura "**TW**" que se espera tener aguas debajo de la alcantarilla.

El caudal de diseño para las alcantarillas se obtiene de la Tabla 8-14, teniendo **15.86 y 21.64 m^3/s** respectivamente. Para alcantarillas con múltiples conductos y una entrada no sumergida, prácticamente no existe diferencia en el rendimiento comparado a una con conducto simple [38]. Para alcantarillas encofradas en el sitio con múltiples conductos y una entrada sumergida, se aprecia una pequeña ventaja hidráulica respecto a una con conducto simple [38]. Por lo tanto para el cálculo en la segunda alcantarilla se ha dividido la sección en dos y hasta tres conductos, los cuales se diseñan para Q/2 y Q/3 respectivamente. Los caudales Q/2 y Q/3 resultantes son de **10.82 y 7.21 m^3/s** respectivamente.

El nivel de agua a la entrada está limitado por el bordo libre mínimo establecido de 0.60 m medido desde la rasante. Ya que la primera alcantarilla tiene una altura mayor, se ha diseñado con un bordo libre de 1.00 m. De la Tabla 6-10 se obtienen los puntos más bajos del alineamiento vertical para la vía 9T_LCH2_1; teniendo un cota de la subrasante de 45.471 m s. n. m. para la abscisa 0+603.26, y de 43.474 m s. n. m. para la abscisa 1+005.24. Desde el nivel de la subrasante existe una

altura de 0.325 m hasta el nivel de la rasante medido en el borde de la calzada (debido al bombeo de 2.5%); por lo que la cota del nivel máximo de agua para la primera alcantarilla es igual a **44.796 m s. n. m.**, y para la segunda alcantarilla es de **43.199 m s. n. m.** Dependiendo cuál sea la cota seleccionada para la entrada de la alcantarilla, se obtendrá el valor de HW_o. Debido a que ambas alcantarillas se encuentran en zonas inundables, de acuerdo a la topografía del lugar se ha establecido una cota del nivel de aguas abajo de **43.00 m s. n. m.** para la primera alcantarilla, y de **42.50 m s. n. m.** para la segunda.

El análisis con control en la entrada de la alcantarilla, se realiza utilizando los nomogramas de los Anexos I.3 e I.4, en donde obtenemos una altura HW necesaria para pasar el flujo a través de la alcantarilla. Esta altura HW se compara con HW_o, y si es menor, las dimensiones son válidas; o de lo contrario se tendrán que probar otras dimensiones de la sección rectangular. Para el análisis con control en la salida, se utiliza la Ecuación 8-29 para determinar las pérdidas H. Luego se determina h_o como se indicó en el Capítulo 8.3.4, y utilizando la Ecuación 8-32 se calcula la altura HW necesaria. Luego se compara HW con HW_o y si es menor, todos los parámetros establecidos son cumplen para el control en la salida; caso contrario se debe realizar cambios. Otro parámetro que se controla es la velocidad del flujo, para evitar velocidades erosivas de acuerdo a la Tabla 8-7. Finalmente se determina el número de Froude para determinar el régimen de flujo (subcrítico o supercrítico).

Para el diseño se ha elaborado una hoja electrónica, en donde se muestran las iteraciones realizadas. Para la alcantarilla ALC-9T-2 los cálculos se muestran en la Tabla 8-17, y para la alcantarilla ALC-9T-4 en la Tabla 8-18.

En ambas alcantarillas la sección de control se encuentra en la salida, y en ambas se tendrá flujo parcialmente lleno durante toda la alcantarilla; por lo tanto en las ultimas iteraciones se ha omitido el término (dc+D)/2, ya que este pierde validez en el diseño. El diseño con control a la salida se realiza estimando qué nivel de agua a la salida (TW) se tendrá y si este es aceptable. De acuerdo al Anexo I.1, ambas alcantarillas funcionarán con flujo tipo I. Sin embargo para la segunda alcantarilla, es necesario asegurar en la salida una zona amplia de descarga, para mantener los calados bajos.

Las secciones transversales de las alcantarillas diseñadas se muestran en la Ilustración 8-6, y sus características en la Tabla 8-19.

Tabla 8-17: Diseño hidráulico para la alcantarilla tipo cajón ALC-9T-2.

Cota máxima del nivel de agua: 44.796 m.s.n.m. **Q =** 15.86 m^3/s
Cota tentativa del nivel aguas abajo: 43.000 m.s.n.m.

Observaciones	Alcantarilla					Cota		Q	HW_o	Control en la Entrada			k_e	Control en la Salida (HW=H+ho-L*S)						Tirante Normal en la Alcantarilla				
	Angulo Aleros (°)	Dimensiones B (m)	D (m)	L (m)	Entrada (m)	Salida (m)	(m^3/s)	(m)	Q/B $(m^3/s/m)$	HW/D	HW (m)		H (m)	dc (m)	(dc+D)/2	TW (m)	ho (m)	L*S (m)	HW (m)	Y (m)	n	S (m/m)	V (m/s)	Fr
1.5x1.60 - L=20m - alas 30 g.	30	1.50	1.60	7.0	41.75	41.60	15.86	3.05	10.57	1.57	2.51	0.4	3.464	2.25	1.93	1.40	1.93	0.150	5.24	1.58	0.014	0.021	6.82	1.75
Cambio angulo de alas y dimensiones	45	2.00	2.50	7.0	41.75	41.50	15.86	3.05	7.93	1.35	3.38	0.4	5.493	1.86	2.18	1.50	2.18	0.250	7.42	0.95	0.014	0.036	8.57	2.85
	45	2.00	2.80	7.0	41.75	41.50	15.86	3.05	7.93	1.15	3.22	0.4	5.493	1.86	2.33	1.50	2.33	0.250	7.57	0.95	0.014	0.036	8.57	2.85
	45	2.25	2.25	7.0	41.75	41.50	15.86	3.05	7.05	1.25	2.81	0.4	5.438	1.72	1.98	1.50	1.98	0.250	7.17	0.84	0.014	0.036	8.53	2.99
velocidades excesivas	45	2.25	2.00	7.0	41.75	41.50	15.86	3.05	7.05	1.5	3.00	0.4	5.438	1.72	1.86	1.50	1.86	0.250	7.05	0.84	0.014	0.036	8.53	2.99
	45	2.25	2.00	7.0	41.70	41.60	15.86	3.10	7.05	1.5	3.00	0.4	2.719	1.72	1.86	1.40	1.86	0.100	4.48	1.18	0.014	0.014	6.06	1.79
	45	2.00	2.00	7.0	41.60	41.50	15.86	3.20	7.93	1.65	3.30	0.4	2.691	1.86	1.93	1.50	1.93	0.100	4.52	1.34	0.014	0.014	6.03	1.68
	45	2.00	2.20	7.0	41.60	41.50	15.86	3.20	7.93	1.5	3.30	0.4	2.691	1.86	2.03	1.50	2.03	0.100	4.62	1.34	0.014	0.014	6.03	1.68
velocidades excesivas	45	2.10	2.10	7.0	41.60	41.50	15.86	3.20	7.55	1.47	3.09	0.4	2.708	1.80	1.95	1.50	1.95	0.100	4.56	1.27	0.014	0.014	6.05	1.73
cambio cotas	45	1.80	1.80	7.0	41.55	41.50	15.86	3.25	8.81	2.4	4.32	0.4	1.480	1.99	1.90	1.50	1.90	0.050	3.33	1.99	0.014	0.007	4.48	1.02
	45	1.80	2.00	7.0	41.55	41.50	15.86	3.25	8.81	1.9	3.80	0.4	1.480	1.99	2.00	1.50	2.00	0.050	3.43	1.99	0.014	0.007	4.48	1.02
	45	2.00	2.00	7.0	41.55	41.50	15.86	3.25	7.93	1.65	3.30	0.4	1.538	1.86	1.93	1.50	1.93	0.050	3.42	1.76	0.014	0.007	4.57	1.11
Cumple para la entrada	45	2.00	2.20	7.0	41.55	41.50	15.86	3.25	7.93	1.3	2.86	0.4	1.538	1.86	2.03	1.50	2.03	0.050	3.52	1.76	0.014	0.007	4.57	1.11
	45	2.50	2.00	7.0	41.55	41.50	15.86	3.25	6.34	1.31	2.62	0.4	1.599	1.60	1.80	1.50	1.80	0.050	3.35	1.38	0.014	0.007	4.66	1.27
	45	2.20	2.00	7.0	41.55	41.50	15.86	3.25	7.21	1.52	3.04	0.4	1.574	1.74	1.87	1.50	1.87	0.050	3.40	1.58	0.014	0.007	4.62	1.18
borde superior de la alcantarilla al nivel de la rasante																								
alto de la alcantarilla = 4m	45	2.00	4.00	7.0	41.55	41.50	15.86	3.25	7.93	0.75	3.00	0.4	1.559	1.86	*	1.74	1.74	0.050	3.25	1.77	0.014	0.007	4.60	1.12
Cumple, ho máx = 1.70, FLUJO TIPO I, cota del nivel aguas abajo = 43.20	45	2.20	4.05	7.0	41.55	41.50	15.86	3.25	7.21	0.7	2.80	0.4	1.598	1.74	*	1.70	1.70	0.050	3.25	1.59	0.014	0.007	4.66	1.20

* Debido a que la alcantarilla trabaja parcialmente llena en toda su longitud, no se considera el cálculo de (dc+D)/2.

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 8-18: Diseño hidráulico para la alcantarilla tipo doble cajón ALC-9T-4.

Cota máxima del nivel de agua:	43.199	m.s.n.m.	Q =	21.64	(m^3/s)	Q/2 =	10.82	(m^3/s)	Q/3 =	7.21	(m^3/s)
Cota tentativa del nivel aguas abajo:	42.500	m.s.n.m.									

Observaciones	Alcantarilla				Cota		Q	HW_o	Control en la Entrada			k_e	Control en la Salida (HW=H+ho-L*S)						Tirante Normal en la Alcantarilla				
	Angulo Aleros	Dimensiones B	D	L	Entrada	Salida			Q/B	HW/D	HW		H	dc	(dc+D)/2	TW	ho	L*S	HW	Y	n	S	V
	(°)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m^3/s)	(m)	(m^3/s/m)		(m)		(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m/m)	(m/s)
Alcantarilla se ubica en abscisa 1+005.24																							
triple cajón	45	1.75	1.75	6.5	41.80	41.75	7.21	1.40	4.12	1.10	1.93	0.4	1.163	1.20	1.48	0.75	1.48	0.050	2.59	1.07	0.014	0.008	3.95	1.23
	45	2.00	1.75	6.5	41.80	41.75	7.21	1.40	3.61	1.00	1.75	0.4	1.168	1.10	1.42	0.75	1.42	0.050	2.54	0.93	0.014	0.008	3.96	1.32
	45	2.00	1.80	6.5	41.80	41.75	7.21	1.40	3.61	0.95	1.71	0.4	1.168	1.10	1.45	0.75	1.45	0.050	2.57	0.93	0.014	0.008	3.96	1.32
	45	2.25	1.80	6.5	41.80	41.75	7.21	1.40	3.20	0.87	1.57	0.4	1.155	1.02	1.41	0.75	1.41	0.050	2.51	0.83	0.014	0.008	3.94	1.39
	45	2.25	1.60	6.5	41.80	41.75	7.21	1.40	3.20	0.98	1.57	0.4	1.155	1.02	1.31	0.75	1.31	0.050	2.41	0.83	0.014	0.008	3.94	1.39
	45	2.50	1.50	6.5	41.80	41.75	7.21	1.40	2.88	1.00	1.50	0.4	1.132	0.95	1.22	0.75	1.22	0.050	2.30	0.76	0.014	0.008	3.89	1.44
	45	2.50	1.60	6.5	41.80	41.75	7.21	1.40	2.88	0.94	1.50	0.4	1.132	0.95	1.27	0.75	1.27	0.050	2.35	0.76	0.014	0.008	3.89	1.44
Cambio a la abscisa 0+989																								
doble cajón	45	1.50	1.80	6.5	41.35	41.30	10.82	1.85	7.21	1.83	3.29	0.4	1.290	1.74	1.77	1.20	1.77	0.050	3.01	1.76	0.014	0.008	4.17	1.01
	45	2.00	1.80	6.5	41.35	41.30	10.82	1.85	5.41	1.32	2.38	0.4	1.402	1.44	1.62	1.20	1.62	0.050	2.97	1.26	0.014	0.008	4.35	1.25
triple cajón	45	1.50	1.80	6.5	41.35	41.30	7.21	1.85	4.81	1.22	2.20	0.4	1.129	1.33	1.57	1.20	1.57	0.050	2.64	1.26	0.014	0.008	3.89	1.12
	45	1.80	1.80	6.5	41.35	41.30	7.21	1.85	4.01	1.03	1.85	0.4	1.166	1.18	1.49	1.20	1.49	0.050	2.60	1.04	0.014	0.008	3.95	1.25
Cambio a la abscisa 1+000																								
simple	45	5.00	2.00	6.5	41.25	41.20	21.64	1.95	4.33	0.95	1.90	0.4	1.725	1.24	1.62	1.30	1.62	0.050	3.29	0.90	0.014	0.008	4.84	1.64
no cumple	45	5.00	2.00	6.5	41.25	41.20	21.64	1.95	4.33	0.95	1.90	0.4	1.725	1.24	1.62	1.30	1.62	0.050	3.29	0.90	0.014	0.008	4.84	1.64
doble cajón																								
	45	2.00	2.00	6.5	41.25	41.20	10.82	1.95	5.41	1.15	2.30	0.4	1.402	1.44	1.72	1.30	1.72	0.050	3.07	1.26	0.014	0.008	4.35	1.25
	45	2.25	2.00	6.5	41.25	41.20	10.82	1.95	4.81	1.05	2.10	0.4	1.412	1.33	1.67	1.30	1.67	0.050	3.03	1.12	0.014	0.008	4.37	1.33
	45	2.50	2.00	6.5	41.25	41.20	10.82	1.95	4.33	0.95	1.90	0.4	1.404	1.24	1.62	1.30	1.62	0.050	2.97	1.01	0.014	0.008	4.36	1.40
	45	3.00	2.00	6.5	41.25	41.20	10.82	1.95	3.61	0.85	1.70	0.4	1.357	1.10	1.55	1.30	1.55	0.050	2.86	0.86	0.014	0.008	4.28	1.49
Top beveled, ke = 0.2	45	2.50	2.00	6.5	41.25	41.20	10.82	1.95	4.33	0.95	1.90	0.4	1.404	1.24	1.62	1.30	1.62	0.050	2.97	1.01	0.014	0.008	4.36	1.40
	45	2.50	2.00	6.5	41.25	41.20	10.82	1.95	4.33	0.95	1.90	0.2	1.210	1.24	1.62	1.30	1.62	0.050	2.78	1.01	0.014	0.008	4.36	1.40
se requiere ho = 0.6	45	2.50	2.30	7.0	41.30	41.25	10.82	1.90	4.33	0.83	1.91	0.4	1.355	1.24	*	0.60	0.60	0.050	1.90	1.05	0.014	0.007	4.28	1.36
Cumple, cota 41.26 a la salida, ho=0.8	45	2.50	2.30	7.0	41.30	41.26	10.82	1.90	4.33	0.83	1.91	0.4	1.145	1.24	**	0.80	0.80	0.040	1.90	1.14	0.014	0.006	3.93	1.20

* Debido a que la alcantarilla trabaja parcialmente llena en toda su longitud, no se considera el cálculo de (dc+D)/2.

** Para asegurar una altura aguas debajo de 0.80 m, es necesario ensanchar el cauce natural.

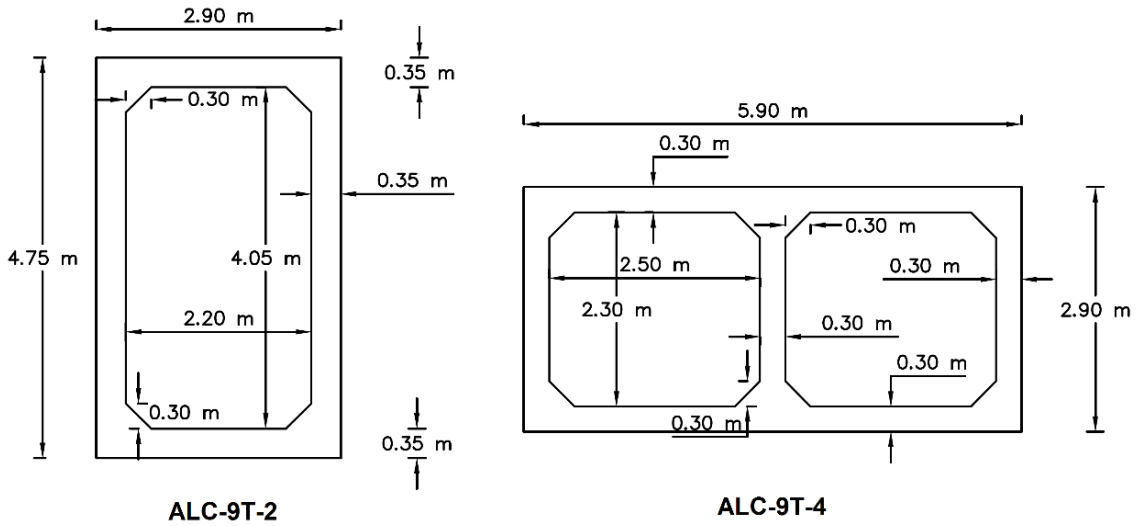
Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 8-19: Características de las alcantarillas ALC-9T-2 y ALC-9T-4.

Id	Abscisa Alcantarilla	Sent.	Dim. (m)	Long. (m)	S (m/m)	Cota S. (m)	Caudal (m^3/s)
ALC-9T-2	0+595.00	I-D	Cajón: 2.20 x 4.05	7.00	0.007	45.572	15.862
ALC-9T-4	1+000.00	I-D	Doble Cajón: 2.50 x 2.30	7.00	0.006	43.575	21.642

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ilustración 8-6: Secciones transversales de las alcantarillas ALC-9T-2 y ALC-9T-4.

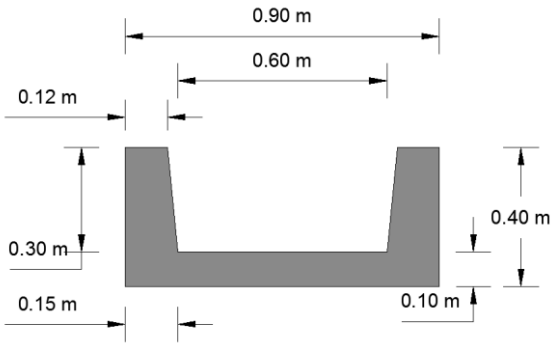


Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

8.3.7. Rampas de Descarga

Para evacuar los caudales que no requieren alcantarillas, se han diseñado rampas de descarga de hormigón simple, con una sección transversal como la mostrada en la Ilustración 8-7. A continuación en la Tabla 8-20 se especifican los puntos de descarga para los cuales se requiere rampas de descarga.

Ilustración 8-7: Sección transversal de la rampa de descarga.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

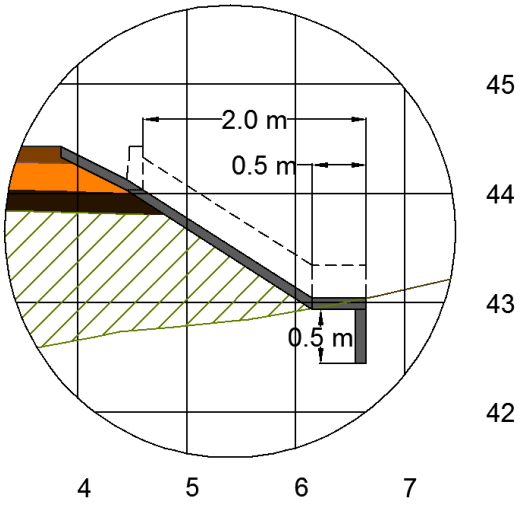
Tabla 8-20: Localización, longitud y caudales de las rampas de descarga.

Vía	Abscisa	Costado de la vía	Caudal		Longitud
			(l/s)	(m^3/s)	(m)
40V_LCH2_1	0+289.17	I	53.8	0.054	2.5
	0+289.17	D	69.4	0.069	2.5
91V_LCH2_1	0+001.50	D	23.4	0.023	2.5
37V_LCH2_2	0+118.19	I	35.1	0.035	6.5
	0+118.19	D	229.5	0.230	2.5
	0+400.00	D	22.2	0.022	2.5
	0+505.00	I	90.1	0.090	2.5
	0+840.00	D	8.7	0.009	2.5
9T_LCH2_1	0+203.45	I	96.0	0.096	4.0
	0+203.45	D	313.8	0.314	2.2
	0+603.26	I	61.8	0.062	4.6
	0+603.26	D	91.9	0.092	4.6
	1+005.24	I	42.3	0.042	1.5
	1+005.24	D	33.4	0.033	1.5
	1+110.00	D	119.8	0.120	2.0
	1+132.00	I	51.5	0.051	1.5
101V_AGT_1	0+245.00	D	25.3	0.025	2.5
	0+330.00	I	52.0	0.052	2.5
	0+434.37	I	52.9	0.053	2.5
	0+434.37	D	82.0	0.082	2.5

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

En la Ilustración 8-8 se muestra un corte transversal de una vía con una rampa de descarga, en donde se puede apreciar con línea entrecortada la pared de la cuneta, y la pared de la rampa de descarga. Además, se ha añadido un dentellón al final de la rampa, de 0.50 m de profundidad y 0.15 m de espesor; para evitar que el agua se introduzca bajo la rampa y erosione el suelo bajo esta [18].

Ilustración 8-8: Perfil de la rampa de descarga ubicada en la abscisa 1+110.00 en la vía 9T_LCH2_1.



9. MOVIMIENTO DE TIERRAS

9.1. Determinación de Volúmenes de Tierra

Utilizando el software AutoCAD Civil 3D, se han calculado las áreas de corte y relleno para las secciones transversales de la vía, generadas con un intervalo de 10 m y en cada PC y PT. En el Anexo N se muestran las secciones transversales para cada vía, con intervalos de 20 m y en cada PC y PT. Utilizando secciones consecutivas y suponiendo que estas forman un sólido geométrico compuesto de elementos conocidos, se realizará el cálculo del volumen comprendido por dichas secciones. Para ello, a continuación se identifican tres tipos de sólidos geométricos y su ecuación correspondiente para calcular su volumen.

- **Prismoide.** Es el sólido limitado por las caras paralelas de las secciones transversales, los planos de los taludes, el plano de la banca y la superficie del terreno natural [19]. Su volumen es igual a:

$$V = \frac{L_1}{6}(A_1 + A_2 + A_m)$$

Ecuación 9-1

Dónde:

V = Volumen del prismoide, m^3
L_1 = Distancia entre las secciones transversales extremas, m
A_1 = Área de la sección transversal extrema inicial, m^2
A_2 = Área de la sección transversal extrema final, m^2
A_m = Área de la sección media (situada a L/2), m^2

Si asumimos que:

$$A_m = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

Ecuación 9-2

Remplazando la Ecuación 9-2 en la Ecuación 9-1, tenemos:

$$V = \frac{L_1}{2}(A_1 + A_2)$$

Ecuación 9-3

- **Pirámoide.** Cuando una de las secciones tiende a cero, el volumen se calcula con un *pirámoide* [19].

$$V = \frac{A_4 * L_2}{3}$$

Ecuación 9-4

- **Tronco de pirámoide.** Es un sólido geométrico que se forma cuando se tienen secciones transversales mixtas [19].

$$V = \frac{L_2}{3}\left(A_2 + A_3 + \sqrt{A_2 A_3}\right)$$

Ecuación 9-5

Utilizando estas ecuaciones, se ha realizado el cálculo de los volúmenes de corte y relleno, para las siete vías de reposición. Las áreas de las secciones transversales y los volúmenes calculados se muestran en el Anexo K.

9.2. Compensación de Volúmenes

En los diseños de los diferentes componentes del proyecto, se puede observar que las siete vías de reposición se encuentran mayormente en corte; sin embargo existen pequeños tramos en los cuales es necesario construir terraplenes; y para ello se utilizará el material extraído del corte.

Ya que el material para los terraplenes debe distribuirse en capas compactadas, es necesario considerar que su volumen disminuye. Por lo tanto, se necesita conocer el volumen de material (relleno expandido) necesario para realizar la compactación, y así obtener el terraplén con las dimensiones previamente calculadas. Para realizar estas transformaciones, se utilizan factores de conversión de acuerdo al tipo de suelo, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9-1: Factores de conversión de suelos para cambios de volumen.

Tipo de suelo	Condición inicial del suelo	Convertido a…		
		En sitio	Suelta	Compactada
Arena	En sitio	-	1.11	0.95
	Suelta	0.90	-	0.86
	Compactada	1.05	1.17	-
Tierra común	En sitio	-	1.25	0.90
	Suelta	0.80	-	0.72
	Compactada	1.11	1.39	-
Arcilla	En sitio	-	1.43	0.90
	Suelta	0.70	-	0.63
	Compactada	1.11	1.59	-

Fuente: Army, U., & Force, A. (1994). *Planning and Design of Roads, Airfields, and Heliports in the Theater of Operations. FM 5-430-00-01*. Washington, D.C.

En el proyecto se tiene un suelo limo arcilloso; y como la compensación de volúmenes consiste en extraer el material del sitio y ubicarlo en terraplenes compactados, el factor de conversión seleccionado de la Tabla 9-1 es de 0.90 (factor de contracción) correspondiente a la arcilla. Mediante una regla de tres simple, se obtiene un factor de expansión igual a **1.11**; el mismo que será multiplicado por los volúmenes de relleno calculados para obtener el relleno expandido requerido, mostrado en las tablas del Anexo K.

Por otra parte, cuando el material se extrae de su sitio, su volumen incrementa (esponjamiento). Por lo tanto el volumen de material que se deberá transportar, se obtiene multiplicando el volumen calculado, por un coeficiente de esponjamiento. Este coeficiente se obtiene de la Tabla 9-1, teniendo para la arcilla un valor de **1.43.** Con este coeficiente se ha obtenido un volumen neto expandido para cada vía. Un resumen de los volúmenes obtenidos para las siete vías se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9-2: Resumen del Movimiento de tierras para las siete vías de reposición.

Vía	Corte (m^3)	Relleno Expandido (m^3)	Volumen Neto (m^3)	Volumen Neto Expandido (m^3)
40V_LCH2_1	1374.36	0.00	1374.36	1965.33
91V_LCH2_1	594.14	6.89	587.25	839.77
93V_LCH2_1	1364.19	0.33	1363.86	1950.32
37V_LCH2_2	5383.01	466.07	4916.94	7031.22
9T_LCH2_1	12953.90	2360.12	10593.77	15149.10
101V_AGT_1	3110.17	36.54	3073.64	4395.30
126V_AGT_2	711.21	0.00	711.21	1017.02

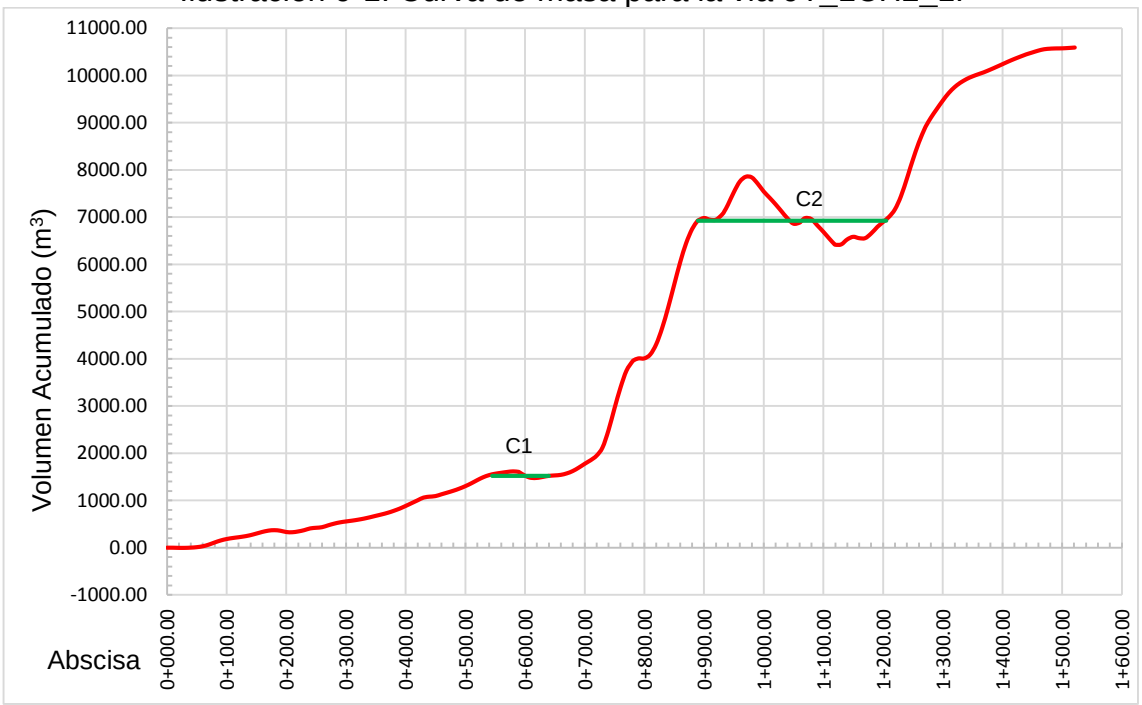
Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

9.3. Diagrama de Masas

El diagrama de masas o curva de masa, es la representación gráfica del volumen de tierra acumulado neto (corte y relleno), con respecto a cada estación de la vía. Por convención los cortes se llevan hacia arriba y el relleno hacia abajo en el eje de las ordenadas.

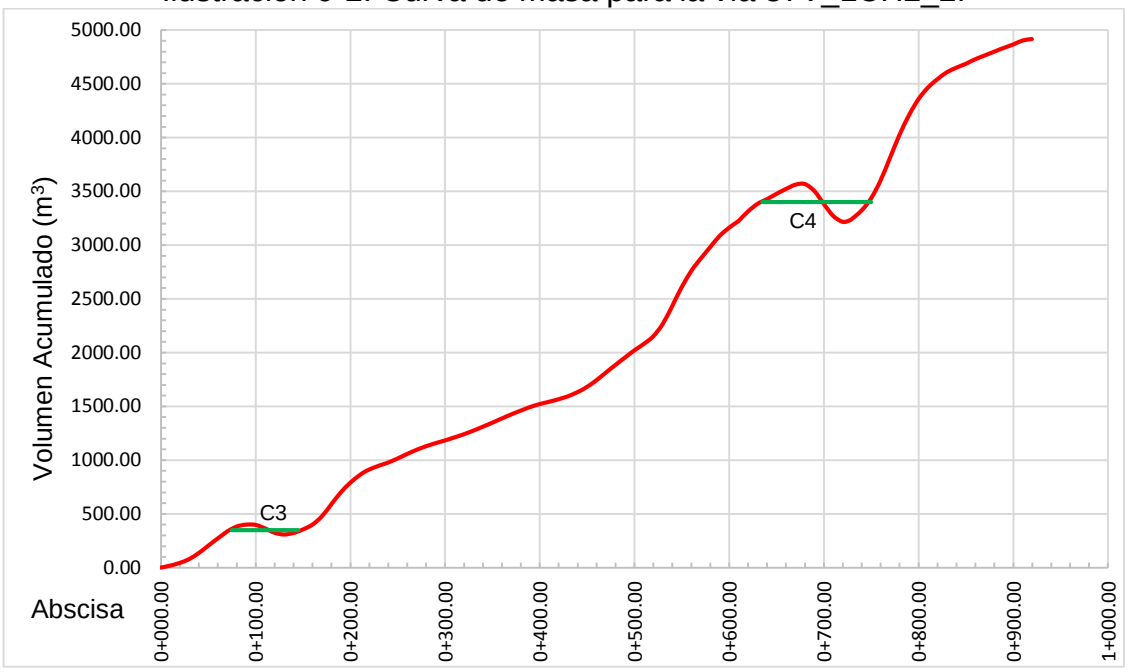
La *línea de compensación* es toda horizontal que corte, por lo menos en dos puntos, a la curva de masa. En el tramo determinado por la línea de compensación, los volúmenes están compensados [20]. Cuando la curva de masa queda por encima de la línea de compensación, el movimiento de tierra se realiza hacia adelante; y cuando queda por debajo, la compensación se realiza hacia atrás. A continuación se muestran las curvas de masa obtenidas a partir de las tablas del Anexo K para las siete vías de reposición.

Ilustración 9-1: Curva de masa para la vía 9T_LCH2_1.



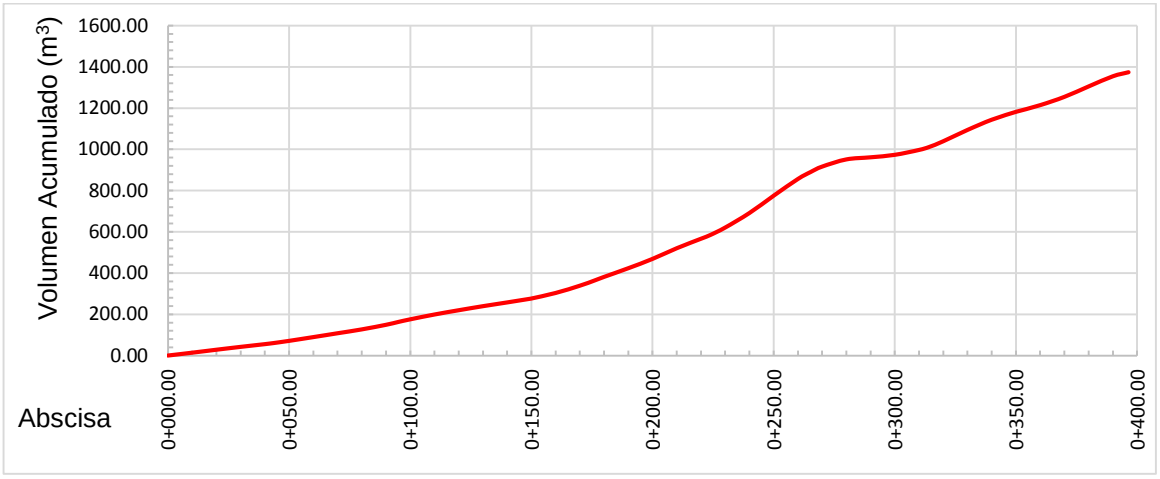
Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ilustración 9-2: Curva de masa para la vía 37V_LCH2_2.



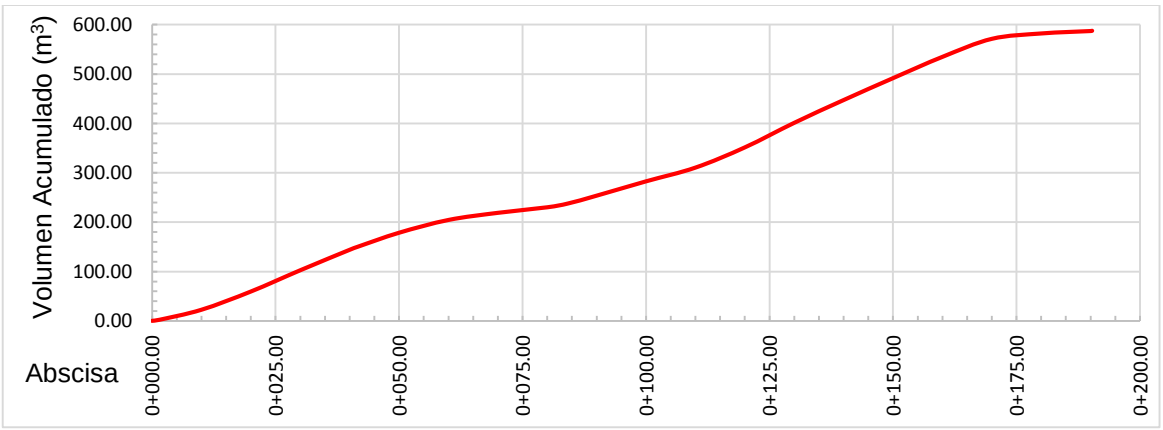
Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ilustración 9-3: Curva de masa para la vía 40V_LCH2_1.



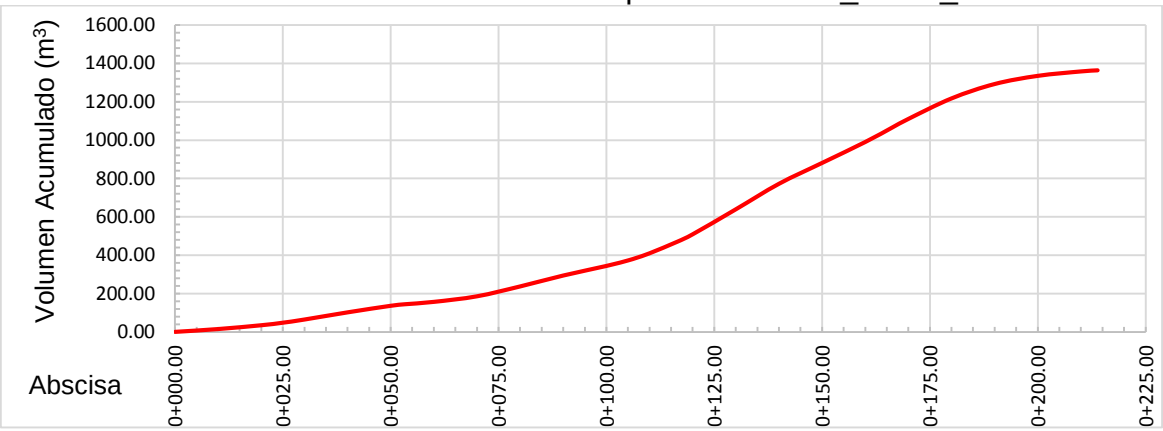
Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ilustración 9-4: Curva de masa para la vía 91V_LCH2_1.



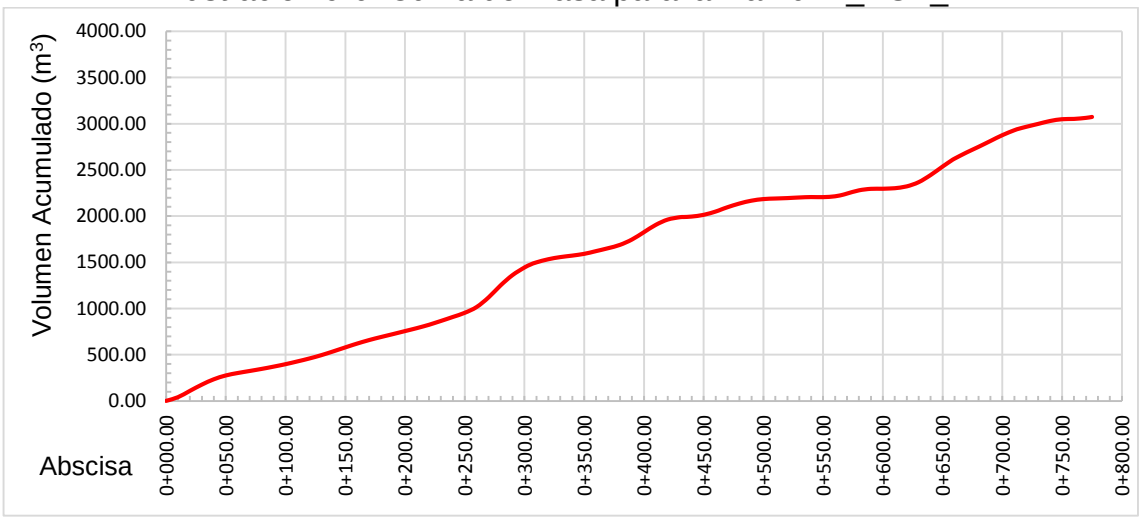
Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ilustración 9-5: Curva de masa para la vía 93V_LCH2_1.



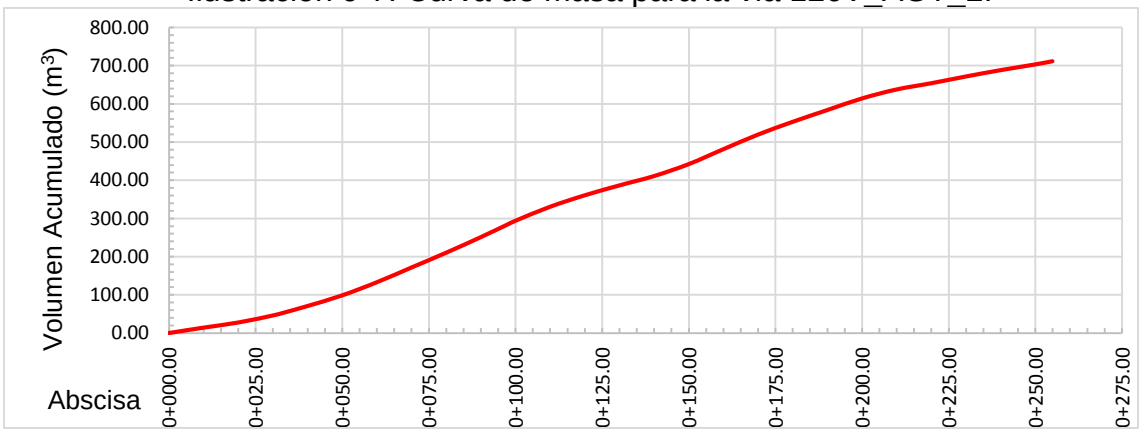
Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ilustración 9-6: Curva de masa para la vía 101V_AGT_1.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ilustración 9-7: Curva de masa para la vía 126V_AGT_2.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Las vías 37V_LCH2_2 y 9T_LCH2_1 son las únicas en las cuales se tienen rellenos considerables, los cuales son compensados con las líneas C1, C2, C3 y C4. Las demás vías casi en su totalidad se encuentran en corte, por lo que no es necesario un análisis de compensación de volúmenes. Todas estas líneas de compensación tienen una longitud menor a la de acarreo libre, que en el Ecuador es de 500 m [39].

10. CANTIDADES Y PRESUPUESTO DE OBRA

A continuación se identifican los rubros utilizados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas [39], su número, unidad de medición, y la determinación de las cantidades de obra. Se ha tomado como ejemplo el cálculo de las cantidades de obra de la vía 9T_LCH2_1. Para las demás vías los resultados de las cantidades de obra calculadas se muestran en la Tabla 10-5.

10.1. Movimiento de Tierras

301-6.06 (2): Remoción de alcantarillas de tubería de drenaje (hormigón), m

Este rubro se encuentra dentro de la sección correspondiente a las demoliciones, que consiste en el retiro de las construcciones existentes o elementos constructivos para la adecuada ejecución de la obra [39]. La medición se realiza directamente de la longitud de la alcantarilla.

Solamente se retirarán alcantarillas en la vía 9T_LCH2_1, puesto que es la única que se construye sobre una vía existente. En dicha vía se encuentran dos cauces (0+595.00 y 0+988.50) para los cuales se han ubicado alcantarillas conformadas por dos tuberías de 6 m de longitud; además en la abscisa 0+194.00 se tiene un paso de agua de 5.4 m de longitud. En total se retirarán 29.4 m de tubería en toda la vía.

302 (1): Desbroce, desbosque y limpieza, ha

Este rubro consiste en la extracción y remoción de cualquier material indeseable según el proyecto o a juicio del fiscalizador [39]. Para las siete vías de reposición se realizará el desbroce correspondiente al ancho del derecho de vía previamente establecido (25 m a cada lado desde el eje). La medición para cada vía se realiza multiplicando los 50 m correspondientes al derecho de vía, por la longitud total de la misma. Por ejemplo para la vía 9T_LCH2_1, se tiene una longitud total de 1521.31 m, que multiplicados por los 50 m y convertido a hectáreas nos da un total de 7.61 ha. En la Tabla 10-5 se muestran las cantidades calculadas para cada vía.

303-4 (2): Excavación en suelo, m^3

Consiste en el conjunto de operaciones requeridas para extraer los volúmenes de suelo para obtener las secciones de la calzada, taludes, etc; previstas en el proyecto o autorizadas por el fiscalizador. La medición se realiza de acuerdo al volumen que ocupa el suelo en su condición inicial. En Tabla 9-2 se muestran las cantidades calculadas (volúmenes de corte) para cada vía. Para la vía 9T_LCH2_1 se tiene un volumen de 12953.9 m3.

304-6 (1): Excavación para estructuras, m^3

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para remover el material del terreno para poder ubicar las diferentes estructuras. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, entibación, posibles agotamientos, nivelación y evacuación del terreno, con el consiguiente transporte y ubicación en el lugar de

empleo [39]. En este rubro se han calculado los volúmenes necesarios para la ubicación y posterior funcionamiento (encauzamiento) de las diferentes alcantarillas indicadas en la Tabla 8-14. Ya que el volumen de excavación depende de los taludes a la entrada y salida de las alcantarillas, y además se tienen alcantarillas tipo cajón con diferentes dimensiones; se ha medido manualmente los volúmenes que se escavarán para cada alcantarilla. Para la vía 9T_LCH2_1 tenemos:

Tabla 10-1: Volúmenes de excavación calculados para alcantarillas – Vía 9T_LCH2_1.

Alcantarilla	ALC-9T-1	ALC-9T-2	ALC-9T-3	ALC-9T-4	ALC-9T-5 (paso de agua)
Volumen (m3)	66.96	309.03	55.52	236.98	538.48

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Sumando los valores mostrados en la tabla anterior, se obtiene un volumen total de excavación igual a 1207.0 m3. En la Tabla 10-5 se muestran las cantidades calculadas para cada vía.

304-6 (2): Excavación para cunetas y encauzamientos, m^3

En este rubro se miden los volúmenes de material excavado en sitio para las cunetas, canales, zanjas, etc. Todas las cunetas de las siete vías tienen un área transversal de excavación de 0.219 m2. Para obtener el volumen de excavación para cunetas, se multiplicará esta área por dos veces (ambos lados) la longitud de la vía. Para la vía 9T_LCH2_1, tenemos: 1521.31*2*0.219 = 666.3 m3.

Además en esta vía se tiene un canal y un paso de agua, El área de la sección del canal es de 0.252 m2, y su longitud es de 115 m, teniendo un volumen total de 28.98 m3. Para el paso de agua ubicado en la abscisa 1+450.00, es necesario excavar un encauzamiento de 17.5 m de largo con una sección transversal promedio de 1.063 m2; lo que nos da un volumen de 18.6 m3.

Por lo tanto para la vía 9T_LCH2_1, se tiene un volumen total de excavación de 713.9 m3. Las cantidades calculadas para las demás vías se muestran en la Tabla 10-5.

309-2 (2): Transporte de material de excavación (Transporte libre 500m), m^3-km

Para este rubro se miden los volúmenes de material excavado de la plataforma de la vía, por la distancia a la cual se encuentra la escombrera en la cual se ubicara el material transportado. El pago se realizará a partir de una distancia de 500 m, del material efectivamente transportado; es decir, el volumen neto expandido de la Tabla 9-2. La escombrera designada para ubicar el material extraído del proyecto PACALORI, se encuentra en las coordenadas UTM WGS84 X: 672838 y Y: 9844383. La distancia medida será igual a la distancia existente entre el centro de masa y la escombrera, menos 500 m de transporte libre.

Para la vía 9T_LCH2_1 se ha medido una distancia entre el centro de masa de la vía y la escombrera de 23.82 km. De la Tabla 9-2 se obtiene un volumen de 15149.1 m3; por lo tanto, el transporte de material de excavación calculado es igual a 353277.0 m3-km. Las cantidades calculadas para las demás vías se muestran en la Tabla 10-5.

310 (1): Escombreras, m3

El rubro comprende al conjunto de operaciones para ubicar y tratar las zonas en donde se ubica el material extraído de cortes en la vía. Su ubicación es especialmente seleccionada para que no se produzca ningún tipo de impacto en su entorno. Las cantidades medidas serán las correspondientes al volumen de material que deberá ser ubicado y tratado, es decir los mismos volúmenes de material que son transportados de la excavación para la vía. Para la vía 9T_LCH2_1 se tiene un volumen de 15149.1 m3. Las cantidades para el resto de vías se muestran en la Tabla 10-5.

10.2. Estructura del Pavimento

Con el programa AutoCAD Civil 3D, se han generado secciones transversales con estaciones cada 10 m, de las cuales se ha obtenido el área transversal de las diferentes capas de la estructura del pavimento, para las siete vías de reposición. Al generar las secciones transversales, el programa si toma en cuenta los ensanchamientos para rebasamiento y por sobreanchos.

401-3.4 (1): Estabilización de la subrasante con cal hidratada, m^3

"Consiste en la incorporación de una porción determinada de cal hidratada al suelo de la subrasante previamente escarificado y pulverizado a fin de mejorar su capacidad de soporte y disminuir su plasticidad y sensibilidad a la presencia de agua." [39]. Su medición se ha realizado estimando el volumen total de subrasante que se estabilizará (20 cm espesor); para ello se ha utilizado el método del prismoide para estimar los volúmenes de subrasante por vía. La cal hidratada se pagará puesta en obra.

Para los caminos vecinales tipo 4 y 6, se ha establecido distribuir el 3% y 4% respectivamente de cal hidratada como porcentaje del peso seco del suelo. El peso seco promedio del suelo se ha obtenido de la Tabla 3-6, teniendo como resultado 1329.7 kg/m3. Por lo tanto se requieren 53.19 y 39.89 kg de cal respectivamente por cada m3 de suelo seco estabilizado. De manera general para las siete vías se ha considerado una humedad natural del suelo del 25%.

Para la vía 9T_LCH2_1, con el método del prismoide se ha medido un volumen total de subrasante (20 cm espesor) igual a 2525.75 m3. Con una humedad del 25%, el volumen de suelo seco que deberá estabilizarse es igual a 1894.31 m3. Las cantidades calculadas para las siete vías se muestran en la Tabla 10-5.

El suministro de los materiales (cal, cemento, alcantarillas, acero, etc.) es medido en base a la distancia existente entre el cantón Ventanas y el centro de masa de todas las vías de reposición. La distancia obtenida es de 17 km de transporte.

403-1 (1): Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4), m³

"Este trabajo consistirá en la provisión, mezclado, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado del material de subbase granular…"[39]. La medición se realiza para la capa terminada y aceptada por el fiscalizador.

Esta subbase granular de rodadura SGR (4-5) será la que se aplique sobre los caminos vecinales tipo 4 y deberá tener las siguientes características [16].

Tabla 10-2: Requerimientos para la subbase clase 2.

Granulometría				Propiedades indicativas	
Tamiz	**3" máx.**	**1 1/2" máx.**	**1" máx.**	**Propiedad**	**Rango de Valores**
3"	100	100	100	Límite líquido	<35%
1 1/2"	-	100	100	Índice plástico	4-9%
1"	40-80	70-100	100	CBR	>30%
3/4"	30-70	50-90	70-100	Abrasión L.A.	<50%
No. 4	15-45	20-50	50-85		
No. 40	-	15-30	25-45		
No. 200	5-20	8-15	10-25		

Fuente: LUIS BERGER INTERNATIONAL INC., & PROTECVIA CIA. LTDA. (Eds.). (1985). *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

De igual manera que para la subrasante, se ha utilizado el método del prismoide para calcular los volúmenes de material requeridos. Para este rubro se ha calculado el volumen total correspondiente a la vía 37V_LCH2_2, obteniéndose un volumen de 1107.4 m3. Para los demás caminos vecinales tipo 4, los volúmenes calculados se muestran en la Tabla 10-5.

403-1 (2): Subbase (material seleccionado para caminos tipo 6), m³

Consiste en el mismo conjunto de operaciones mencionadas en el rubro 403-1 (1). La medición se realiza para la capa terminada y aceptada por el fiscalizador. Esta subbase compuesta por material seleccionado será aplicada en el camino vecinal tipo 6 (vía 9T_LCH2_1), y dicho material deberá cumplir con las siguientes características.

Tabla 10-3: Requerimientos para la subbase (material seleccionado).

Granulometría		Propiedades indicativas	
Tamiz	**A**	**Propiedad**	**Rango de Valores**
4"	100	Límite líquido	<35%
1"	100-50	Índice plástico	<12%
No. 4	100-35	CBR	>12%
No. 200	0-20		

Fuente: LUIS BERGER INTERNATIONAL INC., & PROTECVIA CIA. LTDA. (Eds.). (1985). *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

También se ha utilizado el método del prismoide para calcular los volúmenes de material requeridos. Se ha calculado para la vía 9T_LCH2_1 un volumen 2745.3 m3.

404-1: Base Clase 4, m³

Este rubro consiste en el suministro, tendido, conformación y compactación de la capa que servirá como superficie de rodadura para los caminos vecinales tipo 6 (SGR-6). La medición se realiza para la capa terminada y aceptada por el fiscalizador. Este material deberá cumplir con las siguientes características [16].

Tabla 10-4: Requerimientos para la base clase 4.

Granulometría			Propiedades indicativas	
Tamiz	**A**	**B**	**Propiedad**	**Rango de Valores**
1"	100	100	Límite líquido	<35%
3/8"	50-85	60-100	Índice plástico	4-9%
No. 4	35-65	50-85	CBR	>50%
No. 10	25-50	40-70	Abrasión L.A.	<60%
No. 40	15-30	25-45		
No. 200	8-15	10-20		

Fuente: LUIS BERGER INTERNATIONAL INC., & PROTECVIA CIA. LTDA. (Eds.). (1985). *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

Para la vía 9T_LCH2_1, utilizando el método del prismoide se ha calculado un volumen de 1486.6 m3.

10.3. Estructuras

503 (2)1: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=280 kg/cm2), m³

Este rubro contiene el conjunto de operaciones para suministrar, poner en obra, terminar y curar el hormigón para las alcantarillas tipo cajón de la vía 9T_LCH2_1. El dimensionamiento de los espesores de la sección transversal de las alcantarillas tipo cajón se ha realizado siguiendo diseños realizados bajo las especificaciones AASHTO LRFD [40].

Realizando una medición manual de las estructuras detalladas en los Anexos L1 y L2, y en la Ilustración 8-6; se ha obtenido 70 m3 de hormigón para la alcantarilla ubicada la abscisa 0+595.00, y 55 m3 para la alcantarilla ubicada en la abscisa 1+000.00. Por lo tanto, para la vía 9T_LCH2_1 este rubro es igual a 125 m3.

503 (2)2: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2), m³

Consiste en las mismas operaciones que el rubro anterior. Este hormigón será utilizado en las estructuras de entrada y salida de las alcantarillas circulares de metal corrugado de 1200 mm de diámetro. Para el dimensionamiento de las estructuras, se ha seguido alcantarillas tipo diseñadas para la construcción de vías [41].

Para la estructura de entrada tipo caja, se ha calculado un volumen de hormigón de 3.75 m3, y para las entradas y salidas de tipo ala se calculó un volumen de 4.25 m3 de hormigón. La vía 9T_LCH2_1 tiene una alcantarilla con entrada tipo Ala y otra con tipo Caja, por lo tanto se ha calculado un volumen total de 16.5 m3. Las cantidades totales de hormigón requerido para las demás vías se muestran en la Tabla 10-5.

503 (3): Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2), m^3

Para este rubro se estiman los volúmenes de hormigón que serán utilizados en las cunetas, rampas de descarga, y canales revestidos. Para calcular los volúmenes requeridos, se ha calculado el área de la sección transversal de la cuneta, rampa de descarga y canal; teniendo 0.125 m3, 0.171 m3, y 0.132 m3 respectivamente. Estas secciones transversales han sido multiplicadas por la longitud total de cunetas, canales y rampas de descarga, para obtener los volúmenes de hormigón requeridos. Para el la vía 9T_LCH2_1 se tiene un volumen de hormigón correspondiente a las cunetas de 380.3 m3 (igual a 0.125 por el doble de la longitud de la vía). Las rampas de descarga de esta vía tienen una longitud total de 21.9 m de longitud, y más el volumen de cada uno de sus dentellones (8 con un volumen de 0.0675 m3); se obtiene un volumen de 4.28 m3. Para el canal ubicado entre las abscisas 0+794.00 y 0+909.00, se ha calculado su volumen multiplicando la longitud del canal (115 m) por el área de su sección transversal (0.132 m2), teniendo 15.2 m3. Sumando los volúmenes de hormigón obtenidos para las cunetas, rampas de descarga y el canal, se obtiene un volumen total de 399.8 m3.

Las cantidades de hormigón requerido para las demás vías, se muestran en la Tabla 10-5.

504 (1): Acero de refuerzo en barras (f'y=4200 kg/cm2), kg

“Este trabajo consiste en el suministro y colocación de acero de refuerzo para hormigón de la clase, tipo y dimensiones señalados en los documentos contractuales.” [39].

Los pesos totales de acero de refuerzo para las estructuras de entrada y salida de las alcantarillas circulares, han sido estimados en base a cubicaciones de alcantarillas tipo [41]; teniendo un total de 30 kg para las entradas tipo caja, y 120 kg para las entradas y salidas tipo ala. Además se estimado el acero de refuerzo para las alcantarillas tipo cajón, teniendo 1913 kg para la alcantarilla ubicada en la abscisa 0+595.00, y 986.7 kg para la alcantarilla ubicada en la abscisa 1+000.00.

En la vía 9T_LCH2_1 se tiene una alcantarilla con entrada de tipo ala y otra con entrada tipo caja. Sumando los pesos de acero para estas dos alcantarillas, más el peso de las alcantarillas tipo cajón, se obtiene un total de 3288.6 kg. Las cantidades totales de acero de refuerzo requerido en las vías restantes, se muestran en la Tabla 10-5.

10.4. Instalación de Drenaje, Alcantarillado y Agua Potable

602 (2A)1: Tubería de acero corrugado (D=600 mm, e=2.00 mm), m

Este rubro analiza el suministro e instalación de alcantarillas de metal corrugado, de las dimensiones y espesores especificadas. Su medición se realizará por metro de alcantarilla.

Este tipo de alcantarilla será utilizado solamente como paso de agua en la vía 9T_LCH2_1; teniendo en total una longitud total de 24.1 m de alcantarilla.

602 (2A)2: Tubería de acero corrugado (D=120000 mm, e=2.00 mm), m

Este rubro se calcula de igual manera que el rubro anterior. Para la vía 9T_LCH2_1, se tienen dos alcantarillas cuya longitud total es de 21.6 m. Las longitudes de las alcantarillas se obtienen de la Tabla 8-16, y las longitudes totales por vía se muestran en la Tabla 10-5.

10.5. Instalaciones para Control de Tránsito y Uso de la Zona del Camino

709-1: Señalización vertical (0.60 m x 1.20 m), u

Para este rubro se considera el suministro e instalación de las señales que se encuentran adyacentes a la vía, de acuerdo con las instrucciones del fiscalizador y el Reglamento técnico Ecuatoriano INEN 004 Señalización vial - Parte1 Señalización Vertical [39].

Se han considerado necesarias señales para indicar la proximidad a una curva, y para indicar la distancia a la cual se encuentra el ensanchamiento más próximo para permitir el rebasamiento y tránsito en sentido contrario. La cantidad de señales requeridas para la vía 9T_LCH2_1 es de 16, dos por cada una de las ocho curvas. El número de señales requeridas para el resto de las vías se muestran en la Tabla 10-5.

Tabla 10-5: Cantidades de obra por vía.

Código	Rubro	Unidad	Vía									
			40V_LCH2_1	91V_LCH2_1	93V_LCH2_1	37V_LCH2_2	9T_LCH2_1	101V_AGT_1	126V_AGT_2			
301-6.06 (2)	Remoción de alcantarillas de tubería de drenaje (Hormigón)	m	0.0	0.0	0.0	0.0	29.4	0.0	0.0			
302 (1)	Desbroce, desbosque y limpieza	ha	1.98	0.95	1.07	4.60	7.61	3.88	1.27			
303-4 (2)	Excavación en suelo	m3	1374.4	594.1	1364.2	5383.0	12953.9	3110.2	711.2			
304-6 (1)	Excavación estructuras	m3	0.0	0.0	86.2	59.3	1207.0	48.7	90.85			
304-6 (2)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	173.6	83.3	93.7	402.8	713.9	339.5	111.7			
309-2 (2)	Transporte de material de excavación (transporte libre 500 m)	m3-Km	25785.2	25873.2	54491.9	207632.0	353277.0	51996.4	9509.2			
310 (1)	Escombrera	m3	1965.3	839.8	1950.3	7031.2	15149.1	4395.3	1017.0			
401-3.4 (1)	Estabilización de la subrasante con cal hidratada	m3	334.7	154.3	183.1	794.0	1894.3	644.6	206.7			
403-1 (1)	Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)	m3	469.5	214.0	257.1	1107.4	0.0	895.7	287.4			
403-1 (2)	Subbase (Material Seleccionado para caminos tipo 6)	m3	0.00	0.00	0.00	0.00	2745.3	0.00	0.00			
404-1	Base Clase 4	m3	0.00	0.00	0.00	0.00	1486.6	0.00	0.00			
503 (2)1	Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=280 kg/cm2), para alcantarillas tipo cajón	m3	0.0	0.0	0.0	0.0	125.0	0.0	0.0			
503 (2)2	Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2), para estructuras tipo ala y caja	m3	0.0	0.0	8.0	8.0	16.5	8.0	8.0			
503 (3)	Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)	m3	100.1	48.1	53.5	233.1	399.8	195.8	63.7			
504 (1)	Acero de refuerzo en barras (fy=4200 kg/cm2)	kg	0.0	0.0	149.8	149.8	3288.6	149.8	149.8			
602 (2A)1	Tubería de acero corrugado (D=600 mm, e=2.00 mm)	m	0.0	0.0	0.0	0.0	24.1	0.0	0.0			
602 (2A)2	Tubería de acero corrugado (D=1200 mm, e=2.00 mm)	m	0.0	0.0	5.2	7.5	21.6	5.6	5.6			
709-1	Señalización vertical (0.60 m. x 1.20 m.)	u	10.0	4.0	6.0	22.0	16.0	18.0	4.0			

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

10.6. Presupuesto

A continuación se muestran los presupuestos calculados a partir de las cantidades de obra mostradas en la Tabla 10-5, y el análisis de precios unitarios mostrado en el Anexo M.

Tabla 10-6: Presupuesto para la vía 9T_LCH2_1

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
MOVIMIENTO DE TIERRAS					278,049.01
301-6.06 (2)	Remoción de alcantarillas de tubería de drenaje (Hormigón)	m	29.40	5.52	162.29
302 (1)	Desbosque, desbroce y limpieza.	ha	7.61	499.97	3,803.05
303-4 (2)	Excavación en Suelo.	m3	12,953.9	1.40	18,135.45
304-6 (1)	Excavación para estructuras	m3	1,207.0	8.20	9,891.75
304-6 (2)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	713.9	3.34	2,386.27
309-2 (2)	Transporte de material de excavación (Transporte libre 500m)	m3-km	353,277.0	0.64	226,097.25
310 (1)	Escombreras	m3	15,149.1	1.16	17,572.95
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					125,497.14
401-3.4 (1)	Estabilización de la subrasante con cal hidratada	m3	1,894.3	13.70	25,958.49
403-1 (2)	Subbase (Material Seleccionado para caminos tipo 6)	m3	2,745.3	22.85	62,730.64
404-1	Base Clase 4	m3	1,486.6	24.76	36,808.02
ESTRUCTURAS					105,792.36
503 (2)1	Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=280 kg/cm2)	m3	125.0	263.78	32,972.50
503 (2)2	Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2)	m3	16.5	227.95	3,761.18
503 (3)	Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)	m3	399.8	116.39	46,531.84
504 (1)	Acero de refuerzo en barras (f'y=4200 kg/cm2)	kg	3,288.6	6.85	22,526.85
INSTALACIÓN DE DRENAJE, ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE					7,384.46
602 (2A)1	Tubería de acero corrugado (D=600 mm, e=2.00 mm)	m	24.1	153.76	3,705.64
602 (2A)2	Tubería de acero corrugado (D=1200 mm, e=2.00 mm)	m	21.6	170.71	3,678.82
INSTALACIONES PARA CONTROL DE TRANSITO Y USO DE LA ZONA DEL CAMINO					1,456.00
709-1	Señalización Vertical (0.60 m x 1.20 m)	u	16	91.00	1,456.00

SUBTOTAL		518,178.97
IVA	12%	62,181.48
TOTAL		580,360.44

Elaborado por: Sebastián Bolaños A

Tabla 10-7: Presupuesto para la vía 37V_LCH2_2

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
MOVIMIENTO DE TIERRAS					152,708.31
302 (1)	Desbosque, desbroce y limpieza.	ha	4.60	499.97	2,299.19
303-4 (2)	Excavación en Suelo.	m3	5,383.0	1.40	7,536.22
304-6 (1)	Excavación para estructuras	m3	59.3	8.20	485.71
304-6 (2)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	402.8	3.34	1,346.50
309-2 (2)	Transporte de material de excavación (Transporte libre 500m)	m3-km	207,632.0	0.64	132,884.48
310 (1)	Escombreras	m3	7,031.2	1.16	8,156.22
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					36,238.33
401-3.4 (1)	Estabilización de la subrasante con cal hidratada	m3	794.0	11.09	8,807.39
403-1 (1)	Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)	m3	1,107.4	24.77	27,430.94
ESTRUCTURAS					30,558.17
503 (2)2	Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2), para estructuras tipo ala y caja	m3	8.0	230.35	1,842.80
503 (3)	Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)	m3	233.1	118.79	27,688.94
504 (1)	Acero de refuerzo en barras (f'y=4200 kg/cm2)	kg	149.8	6.85	1,026.43
INSTALACIÓN DE DRENAJE, ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE					1,280.33
602 (2A)2	Tubería de acero corrugado (D=1200 mm, e=2.00 mm)	m	7.5	170.71	1,280.33
INSTALACIONES PARA CONTROL DE TRANSITO Y USO DE LA ZONA DEL CAMINO					2,002.00
709-1	Señalización Vertical. (0.60 m x 1.20 m)	u	22	91.00	2,002.00

SUBTOTAL		222,787.14
IVA	12%	26,734.46
TOTAL		249,521.60

Elaborado por: Sebastián Bolaños A

Tabla 10-8: Presupuesto para la vía 40V_LCH2_1

PRESUPUESTO					
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**P.Unitario**	**P.Total**
MOVIMIENTO DE TIERRAS					22,277.93
302 (1)	Desbosque, desbroce y limpieza.	ha	1.98	499.97	991.09
303-4 (2)	Excavación en Suelo.	m3	1,374.4	1.40	1,924.10
304-6 (2)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	173.6	3.34	580.42
309-2 (2)	Transporte de material de excavación (Transporte libre 500m)	m3-km	25,785.2	0.64	16,502.52
310 (1)	Escombreras	m3	1,965.3	1.16	2,279.79
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					12,096.84
401-3.4 (1)	Estabilización de la subrasante con cal hidratada	m3	334.7	11.09	3,712.39
403-1 (1)	Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)	m3	469.5	17.86	8,384.45
ESTRUCTURAS					11,269.82
503 (3)	Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)	m3	100.1	112.58	11,269.82
INSTALACIONES PARA CONTROL DE TRANSITO Y USO DE LA ZONA DEL CAMINO					910.00
709-1	Señalización Vertical (0.60 m x 1.20 m)	u	10	91.00	910.00
	SUBTOTAL				46,554.59
	IVA			12%	5,586.55
	TOTAL				52,141.14

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 10-9: Presupuesto para la vía 91V_LCH2_1

Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**P.Unitario**	**P.Total**
MOVIMIENTO DE TIERRAS					19,119.08
302 (1)	Desbosque, desbroce y limpieza.	ha	0.95	499.97	475.70
303-4 (2)	Excavación en Suelo.	m3	594.1	1.40	831.79
304-6 (2)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	83.3	3.34	278.59
309-2 (2)	Transporte de material de excavación (Transporte libre 500m)	m3-km	25,873.2	0.64	16,558.87
310 (1)	Escombreras	m3	839.8	1.16	974.13
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					7,127.63
401-3.4 (1)	Estabilización de la subrasante con cal hidratada	m3	154.3	11.09	1,711.12
403-1 (1)	Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)	m3	214.0	25.31	5,416.51
ESTRUCTURAS					5,733.01
503 (3)	Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)	m3	48.1	119.27	5,733.01
INSTALACIONES PARA CONTROL DE TRANSITO Y USO DE LA ZONA DEL CAMINO					364.00
709-1	Señalización Vertical (0.60 m x 1.20 m)	u	4	91.00	364.00
	SUBTOTAL				32,343.72
	IVA			12%	3,881.25
	TOTAL				36,224.96

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 10-10: Presupuesto para la vía 93V_LCH2_1

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
MOVIMIENTO DE TIERRAS					40,601.53
302 (1)	Desbosque, desbroce y limpieza.	ha	1.07	499.97	534.59
303-4 (2)	Excavación en Suelo.	m3	1,364.2	1.40	1,909.86
304-6 (1)	Excavación para estructuras	m3	86.2	8.20	706.81
304-6 (2)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	93.7	3.34	313.08
309-2 (2)	Transporte de material de excavación (Transporte libre 500m)	m3-km	54,491.9	0.64	34,874.81
310 (1)	Escombreras	m3	1,950.3	1.16	2,262.37
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					8,226.81
401-3.4 (1)	Estabilización de la subrasante con cal hidratada	m3	183.1	11.09	2,030.73
403-1 (1)	Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)	m3	257.1	24.10	6,196.08
ESTRUCTURAS					9,183.16
503 (2)2	Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2), para estructuras tipo ala y caja	m3	8.0	229.75	1,838.00
503 (3)	Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)	m3	53.5	118.19	6,318.73
504 (1)	Acero de refuerzo en barras (f'y=4200 kg/cm2)	kg	149.8	6.85	1,026.43
INSTALACIÓN DE DRENAJE, ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE					887.70
602 (2A)2	Tubería de acero corrugado (D=1200 mm, e=2.00 mm)	m	5.20	170.71	887.70
INSTALACIONES PARA CONTROL DE TRANSITO Y USO DE LA ZONA DEL CAMINO					546.00
709-1	Señalización Vertical (0.60 m x 1.20 m)	u	6	91.00	546.00

SUBTOTAL		59,445.20
IVA	12%	7,133.42
TOTAL		66,578.62

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 10-11: Presupuesto para la vía 101V_AGT_1

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
MOVIMIENTO DE TIERRAS					46,202.54
302 (1)	Desbosque, desbroce y limpieza.	ha	3.88	499.97	1,937.73
303-4 (2)	Excavación en Suelo.	m3	3,110.2	1.40	4,354.24
304-6 (1)	Excavación para estructuras	m3	48.7	8.20	399.48
304-6 (2)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	339.5	3.34	1,134.82
309-2 (2)	Transporte de material de excavación (Transporte libre 500m)	m3-km	51,996.4	0.64	33,277.71
310 (1)	Escombreras	m3	4,395.3	1.16	5,098.55
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					22,663.31
401-3.4 (1)	Estabilización de la subrasante con cal hidratada	m3	644.6	11.09	7,150.58
403-1 (1)	Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)	m3	895.7	17.32	15,512.73
ESTRUCTURAS					24,759.01
503 (2)2	Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2), para estructuras tipo ala y caja	m3	8.0	223.66	1,789.28
503 (3)	Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)	m3	195.8	112.09	21,943.30
504 (1)	Acero de refuerzo en barras (f'y=4200 kg/cm2)	kg	149.8	6.85	1,026.43
INSTALACIÓN DE DRENAJE, ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE					955.98
602 (2A)2	Tubería de acero corrugado (D=1200 mm, e=2.00 mm)	m	5.6	170.71	955.98
INSTALACIONES PARA CONTROL DE TRANSITO Y USO DE LA ZONA DEL CAMINO					1,638.00
709-1	Señalización Vertical (0.60 m x 1.20 m)	u	18	91.00	1,638.00

SUBTOTAL		96,218.84
IVA	12%	11,546.26
TOTAL		107,765.10

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Tabla 10-12: Presupuesto para la vía 126V_AGT_2

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
MOVIMIENTO DE TIERRAS					10,016.36
302 (1)	Desbosque, desbroce y limpieza.	ha	1.27	499.97	637.26
303-4 (2)	Excavación en Suelo.	m3	711.2	1.40	995.69
304-6 (1)	Excavación para estructuras	m3	90.9	8.20	744.58
304-6 (2)	Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	111.7	3.34	373.21
309-2 (2)	Transporte de material de excavación (Transporte libre 500m)	m3-km	9,509.2	0.64	6,085.87
310 (1)	Escombreras	m3	1,017.0	1.16	1,179.75
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO					6,969.04
401-3.4 (1)	Estabilización de la subrasante con cal hidratada	m3	206.7	11.09	2,292.44
403-1 (1)	Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)	m3	287.4	16.27	4,676.60
ESTRUCTURAS					9,892.42
503 (2)2	Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2), para estructuras tipo ala y caja	m3	8.0	222.72	1,781.76
503 (3)	Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)	m3	63.7	111.16	7,084.23
504 (1)	Acero de refuerzo en barras (f'y=4200 kg/cm2)	kg	149.8	6.85	1,026.43
INSTALACIÓN DE DRENAJE, ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE					955.98
602 (2A)2	Tubería de acero corrugado (D=1200 mm, e=2.00 mm)	m	5.6	170.71	955.98
INSTALACIONES PARA CONTROL DE TRANSITO Y USO DE LA ZONA DEL CAMINO					364.00
709-1	Señalización Vertical (0.60 m x 1.20 m)	u	4	91.00	364.00

SUBTOTAL		28,197.79
IVA	12%	3,383.73
TOTAL		31,581.52

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

En las Tablas 10-6 a 10-12, se muestran los presupuestos calculados para todas las vías de reposición, obteniendo un costo total de reposición para los embalses Lechugal 2 y Aguacatal de USD 1’124,173.38.

El costo de reposición para el embalse Lechugal 2 es de USD 984,826.76 y para el embalse Aguacatal es de USD 139,346.62.

El costo de reposición para los caminos vecinales tipo 6 es de USD 580,360.44; mientras que para los caminos vecinales tipo 4 es de USD 543,812.94.

En total se tienen 2.75 km y 1.52 km de caminos tipo 4 y 6 respectivamente repuestos. El costo de reposición por kilómetro para los caminos tipo 6 es de USD 381,487.30 y para los caminos tipo 4 de USD 197,722.12.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se ha estimado en total 4.27 km de vías de reposición, teniendo cada vía diferente importancia dentro de la reposición vial; para ello, se ha clasificado dicha reposición en tres categorías según su importancia (alta, media y baja). La vía 9T_LCH2_1 ha sido considerada de alta importancia, ya que terminado el proyecto PACALORI, será la única vía que conecte el recinto Aguas Frías de Mocache, con la parte oeste y sur de la red vial existente. De importancia media se ha considerado la vía 37V_LCH2_2 y 40V_LCH2_1; la primera, debido principalmente a su longitud considerable (0.92 km) dentro de las vías repuestas, y la segunda debido a que conectará a la red vial norte y sur en la zona. Finalmente, las vías, 91V_LCH2_1, 93V_LCH2_1, 101V_AGT_1, y 126V_AGT_2 han sido consideradas de baja importancia para la reposición; debido a que corresponden a pequeños ramales que tendrán poca contribución en la red vial general.
- Si consideramos la reposición vial por importancia, se tendría un costo de reposición de: USD 580,360.44 para las vías con alta importancia, USD 301,662.74 para las vías de importancia media, y USD 242,150.20 para las vías de baja importancia dentro de la reposición vial. Por lo tanto, los costos de reposición pueden reducirse si consideramos una reposición parcial, de acuerdo a la importancia de cada vía dentro de la red vial.
- Una vez realizado el proyecto PACALORI, se espera que los volúmenes de tráfico disminuyan en las vías de la zona; por lo tanto, se podría justificar el realizar la reposición vial únicamente de las vías de alta importancia para la red vial.
- De acuerdo a la influencia de la morfología de las cuencas de aporte para los embalses en la reposición vial, el factor de amplitud *W* es el único que podría relacionarse con las vías afectadas; debido a que este factor, es considerablemente diferente entre las dos cuencas analizadas. Por lo tanto, para una amplitud de 4.27 y 2.07, se tienen 3.24 km y 1.03 km de vías afectadas respectivamente.
- En cuanto a los parámetros que controlan el diseño geométrico, cabe recalcar que para los diseños fue necesario utilizar bajas velocidades de diseño (25 km/h), y altas gradientes longitudinales máximas (8.8%). Esto debido a la topografía montañosa y escarpada que se tiene cerca del embalse, lo que dificulta el trazado de vías en la zona.
- En las vías de reposición no se obtuvieron grandes taludes de corte y relleno. Sin embargo, para diseños posteriores de vías de mayor importancia y con altos volúmenes de tráfico, deberá realizarse un análisis y diseño a detalle de los taludes en el área del proyecto.
- Aunque los suelos de la zona de estudio fueron clasificados como MH (A-7-5 suelo arcilloso), los valores de CBR obtenidos fueron inferiores a los que se esperaría en suelos con dicha clasificación. Por esta razón fue necesario

realizar un mejoramiento de la subrasante con cal hidratada, utilizando porcentajes recomendados por la literatura. Sin embargo, para el diseño de pavimentos en vías con mayores volúmenes de tráfico, es recomendable realizar un estudio a detalle de los porcentajes de cal hidratada que deben añadirse.

- En las visitas realizadas se observó que las alcantarillas existentes en las vías de la zona mostraban un mal funcionamiento hidráulico, y como se aprecia en el Anexo J.2, muchas no soportan los caudales existentes y colapsan. Por esta razón se ha prestado especial importancia en el diseño hidráulico de las mismas.
- Aunque la mayoría de vías de reposición se encuentran en zonas elevadas; la vía 9T_LCH2_1, que ha sido considerada de alta importancia para la reposición vial, atraviesa cauces de agua con caudales pico importantes y para los cuales se ha realizado el diseño hidráulico de las alcantarillas (tipo cajón) que se ubicarán en dichos cauces.
- Debido a la baja pendiente que existe en los cauces (ríos y esteros) del área, la mayoría de alcantarillas trabajan con la entrada y salida sumergidas (Flujo tipo IV). Como recomendación general para las alcantarillas que se ubican en dichos cauces, se deberá asegurar en lo posible una zona amplia de descarga en la salida de las mismas. Estas zonas amplias de descarga permitirán que las alcantarillas operen con calados bajos en la salida, que a la vez evitan que se produzcan calados altos en la entrada; los mismos que pueden afectar la vía.

BIBLIOGRAFÍA

[1] PROMAS-Universidad de Cuenca, “PACALORI-Estudio de Factibilidad-Resumen Ejecutivo”. 07-abr-2014.

[2] *ACUERDO MINISTERIAL No. 54*. 1985.

[3] PROMAS-Universidad de Cuenca, *PACALORI - Diseños Básicos de Obras Civiles, Ingenieria Hidraulica y sistemas de Riego-Capitulo 4: Vías*, vol. 7. 2014.

[4] PROMAS-Universidad de Cuenca, “PACALORI-Informe Ejecutivo: Diseños Definitivos-Estudios Técnicos Trasvase Calabí”. 2015.

[5] PROMAS-Universidad de Cuenca, *PACALORI - Informe Componente Geología y Geotecnia - Tasvase 2*, vol. Tomo 4. 2014.

[6] K. Guaranda y M. Muñoz, “Estudio Geomorfológico Mediante Teledetección de los Cursos Fluviales Activos y Abandonados de la Cuenca Hidrográfica Aluvial del Río Guayas para la Determinación de la Evolución Holocena de la Red de Drenaje”, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador, 2008.

[7] S. A. Schumm, J. F. Dumont, y J. M. Holbrook, *Active Tectonics and Alluvial Rivers*. Cambridge, 2002.

[8] “Ayuda de ArcGIS 10.1”. [En línea]. Disponible en: http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//009z000000vz000000. [Accedido: 12-ago-2015].

[9] F. J. Aparicio Mijares, *Fundamentos de Hidrología de Superficie.* México, D.F.: LIMUSA, S.A. de C.V., 1992.

[10] M. Jardí, “Forma de una cuenca de drenaje. Analisis de las variables morfométricas que nos la definen”, *Revista de Geografía*, vol. XIX, pp. 41–68, 1985.

[11] H. Gravelius, *Flusskunde: Grundriss des gesamten Gewasserkunde*. Berlin: Goschenesche Verlagshandlung, 1914.

[12] D. F. Campos Aranda, *Procesos del ciclo hidrológico*. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 1992.

[13] Schumm, Stanley A., “Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey”, *Geological Society of America Bulletin*, vol. 67, p. 597, 1956.

[14] R. E. Horton, “Drainage-Basin Characteristics”, *Transactions, American Geophysical Union*, vol. 13, pp. 350–361, 1932.

[15] B. M. Das, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. California State University, Sacramento: International Thomson Editores, S.A., 2001.

[16] LUIS BERGER INTERNATIONAL INC. y PROTECVIA CIA. LTDA., Eds., *Manual de Diseño de Caminos Vecinales*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 1985.

[17] AASHTO, *A Policy on Geometric Design of Highway and Streets*, 6ª ed. American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011.

[18] Ministerio de Obras Públicas, *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito, 2003.

[19] J. Cárdenas Grisales, *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: ECOE, 2008.

[20] J. Carciente, *CARRETERAS: estudio y proyecto*. Venezuela: Vega s.r.l., 1980.

[21] A. Nicholson, “Superelevation, Side Friction, and Roadway Consistency”, *Journal of Transportation Engineering*, vol. 124, nº 5, pp. 411–418, sep. 1998.

[22] AASHTO, *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.

[23] A. Montejo Fonseca, *Ingeniería de PAVIMENTOS*, 3ra ed., vol. 1, 2 vols. Bogotá,D.C.: Agora Editores, 2002.
[24] MTOP, *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12*, vol. 2 A, 6 vols. Quito, 2013.
[25] H. A. H. Ismaiel, "Treatment and Improvement of The Geotechnical Properties of Diferent Soft Fine-Grained Soils Using Chemical Stabilization", Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Alemania, 2006.
[26] Dallas N. Little, *Evaluation of Structural Properties of Lime Stabilized Soils and Aggregates*, vol. Volumen 1: Summary of Findings. 1999.
[27] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), *Estudio de Lluvias Intensas*. Quito, Ecuador, 1999.
[28] Z. P. Kirpich, "Time of concentration of small agricultural watersheds", *Civil Engineering*, vol. 10, nº 6, p. 362, 1940.
[29] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Perú, 2008.
[30] V. te Chow, *Hidráulica de Canales Abiertos*, Traducido de Open Channel Hydraulics. McGraw Hill Interamericana S.A., 1994.
[31] V. te Chow, D. R. Maidment, y L. W. Mays, *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill Interamericana S.A., 1994.
[32] Soil Conservation Service, *National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology*, U. S. Dept. of Agriculture., vol. Section 4, Hydrology. Washington, D.C., 1972.
[33] U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, *Hydrologic Modeling System HEC-HMS, User's Manual*. Davis, CA-USA, 2015.
[34] M. Centeno Dávila, "Análisis Hidrológico-Hidráulico para los Puentes en Zonas de Inundación Generadas por el Proyecto 'PACALORI'", Universidad de Cuenca, 2015.
[35] Natural Resources Conservation Service, "Chapter 15: Time of Concentration", en *National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology*, 2010.
[36] Federal Highway Administration-US Department of Transportation, *Hydraulic Design of Highway Culverts*, 3ra ed., vol. HDS 5. Washington, D.C., 2012.
[37] MTOP, *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12*, vol. 2 B, 6 vols. Quito, 2013.
[38] J. S. Jones, K. Kerenyi, y S. Stein, "Effects of Inlet Geometry on Hydraulic Performance of Box Culverts", 2006.
[39] MTOP, *Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12*, vol. 3, 6 vols. Quito, 2013.
[40] Bustamante Williams Consultores y Constructores S.A.C., "Estudio definitivo de la carretera Chamaya-Jaen-San Ignacio-Rio Canchis". jun-2010.
[41] Ministerio de Obras Públicas-Gobierno de Chile, *Manual de Carreteras-Planos de Obras Tipo*, vol. 4. Chile, 2015.

ANEXOS

ANEXO A
INVENTARIO VIAL

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Coordenadas UTM WGS84 Y	Nombre	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
1P	Inicio	671579	9843396	E25	4S-8S	31.46	Primaria	Asfalto Flexible	Bueno	8	No
	Fin	674257	9869005								
1S	Inicio	666885	9868585	-	4S-Mocache	8.68	Secundaria	Asfalto Flexible	Bueno	7	No
	Fin	666005	9860765								
4S	Inicio	671579	9843397	-	Ventanas-Vía Vinces Mocache	21.52	Secundaria	Asfalto Flexible	Bueno	7	No
	Fin	666005	9860765								
8S	Inicio	666885	9868585	-	Mocache-E25	8.87	Secundaria	Asfalto Flexible	Bueno	7	No
	Fin	674257	9869005								
5T	Inicio	667867	9852554	-	Aguas Frías de Mocache-Estero de Plátano-El Moral	6.54	Terciaria	Lastre	Regular	6	Lechugal 2
	Fin	669902	9856353								
6T	Inicio	675917	9854857	-	Aguas Frías de Mocache-Lechugalito-E25	8.32	Terciaria	Lastre	Regular	6	Lechugal 2
	Fin	669826	9856487								
7T	Inicio	668664	9867768	-	Mocache-Aguas Frías de Mocache	13.23	Terciaria	Lastre	Regular	6	No
	Fin	669872	9856533								
8T	Inicio	675118	9862585	-	Bijagual(7T)-E25	7.06	Terciaria	Lastre	Regular	6	Lechugal 2
	Fin	669968	9865551								
9T	Inicio	667046	9859692	-	Aguas Frías de Mocache-La Franco	4.93	Terciaria	Lastre	Regular	6	Lechugal 2
	Fin	669714	9856528								
32V	Inicio	673746	9844539	-	E25-Cooperativa Lechugal-Lechugal	5.09	Vecinal	Lastre	Regular	4	No
	Fin	673269	9846056								

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Coordenadas UTM WGS84 Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
33V	Inicio	668290	9851961	4S-Los Cañales	0.96	Vecinal	Lastre	Regular	4	No
	Fin	668639	9851205							
34V	Inicio	667046	9859692	4S-La Libertad-La Franco	5.91	Vecinal	Lastre	Regular	4	No
	Fin	670157	9861699							
35V	Inicio	669743	9857637	9T-7T	1.58	Vecinal	Lastre	Bueno	4	No
	Fin	668481	9857740							
36V	Inicio	671830	9860247	6T-Lechugal	4.12	Vecinal	Lastre	Regular	4	No
	Fin	670883	9856884							
37V	Inicio	672353	9857390	6T-La Tragedia	2.32	Vecinal	Lastre	Regular	4	Lechugal 2
	Fin	670984	9856747							
38V	Inicio	672048	9854887	6T-Los Amarillos-América-Cooperativa Nueva Esperanza-1P	8.95	Vecinal	Lastre	Regular	4	Lechugal 2
	Fin	674200	9847298							
39V	Inicio	673116	9854722	6T-Lechugalito Norte-6T	3.49	Vecinal	Lastre	Regular	4	No
	Fin	674733	9855399							
40V	Inicio	676063	9849929	Lechugalito-Acceso a Rancho Mercedes-Nuevo Zapotal	6.77	Vecinal	Lastre	Regular	4	Lechugal 2
	Fin	674193	9854977							
41V	Inicio	675226	9863024	1P-Lechugal del Medio	2.64	Vecinal	Lastre	Regular	4	No
	Fin	673627	9864398							
43V	Inicio	672557	9854620	6T-La Tragedia Sur-San Eduardo	6.72	Vecinal	Lastre	Regular	4	No
	Fin	675132	9858103							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
84V	Inicio	671204	9858772	Lechugal-La Tragedia	2.13	Vecinal	Lastre	Regular	4	No
	Fin	671745	9857480							
85V	Inicio	670385	9859426	7T-36V	0.86	Vecinal	Lastre	Regular	4	No
	Fin	671242	9859360							
86V	Inicio	669179	9857770	35V-La Florida	1.77	Vecinal	Lastre	Regular	4	No
	Fin	669293	9859398							
87V	Inicio	674534	9852776	40V-88V	0.41	Vecinal	Lastre	Regular	4	No
	Fin	674916	9852704							
88V	Inicio	674916	9852704	87V-zona poblada y cultivos	0.61	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675313	9852301							
89V	Inicio	674923	9852703	87V-zona poblada y cultivos	0.33	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675219	9852684							
90V	Inicio	672409	9861284	7T-Zona poblada	2.67	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670157	9861699							
91V	Inicio	672212	9860993	7T-zona poblada	2.76	Vecinal	Tierra	-	4	Lechugal 2
	Fin	670743	9861119							
92V	Inicio	670743	9861119	91V-zona poblada	0.84	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671553	9861101							
93V	Inicio	671242	9859360	36V-zona poblada	0.93	Vecinal	Tierra	-	4	Lechugal 2
	Fin	671945	9859082							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
94V	Inicio	671495	9859330	93V-zona poblada	0.83	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672018	9859155							
95V	Inicio	672082	9857026	37V-zona poblada	0.5	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672353	9857390							
96V	Inicio	670032	9853348	Estero de Plátano-Los Amarillos	3.96	Vecinal	Tierra	-	4	Lechugal 2
	Fin	670634	9853452							
97V	Inicio	670859	9852527	5T-98V	1.42	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670046	9853350							
98V	Inicio	670149	9850146	96V-Las Blancas-El Volcán-99V	3.23	Vecinal	Tierra	-	4	Aguacatal
	Fin	671187	9852794							
99V	Inicio	671008	9848446	4S-zonas pobladas y cultivos	3.77	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669887	9849465							
100V	Inicio	669930	9849336	4S-122V	1.29	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670751	9848956							
101V	Inicio	670346	9849567	100V-Zona poblada y cultivos	0.48	Vecinal	Tierra	-	4	Aguacatal
	Fin	670742	9849735							
102V	Inicio	675094	9858841	E25-zona de cultivos	2.18	Vecinal	Tierra	-	4	Lechugal 2
	Fin	673231	9859397							
103V	Inicio	672279	9859313	E25-zona poblada y cultivos	3.31	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675062	9858768							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
104V	Inicio	673757	9858543	43V-103V	1.1	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672980	9858933							
105V	Inicio	673508	9859925	106V-cultivos-106V	2.78	Vecinal	Tierra	-	4	Lechugal 2
	Fin	673583	9860171							
106V	Inicio	675134	9858933	E25-zona poblada y cultivos-E25	5.05	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675169	9859365							
107V	Inicio	669362	9856446	9T-zona poblada	0.85	Vecinal	Tierra	-	4	Lechugal 2
	Fin	669705	9855840							
108V	Inicio	670029	9855015	5T-zona poblada y cultivos	2.11	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671436	9853834							
109V	Inicio	669878	9854823	9T-5T	2.78	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669191	9856486							
110V	Inicio	668640	9856734	9T-zona de cultivo	2.07	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	667928	9855818							
111V	Inicio	666771	9855600	4S-zona de cultivo	0.98	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	667645	9855820							
112V	Inicio	667406	9856827	9T-zona poblada y cultivos	1.22	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	668381	9856992							
113V	Inicio	668470	9857663	4S-9T	1.47	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	667212	9857479							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Coordenadas UTM WGS84 Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
114V	Inicio	669062	9856626	9T-zona poblada y cultivos	1.12	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669051	9857410							
115V	Inicio	666671	9855477	4S-zona de cultivo	0.78	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	667449	9855422							
116V	Inicio	666806	9854820	4S-zona de cultivo	1.46	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	667855	9855222							
117V	Inicio	667349	9854023	4S-zona poblada y cultivos	1.61	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	668571	9854780							
118V	Inicio	667557	9854259	117V-zona de cultivos	1.13	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	668479	9854303							
119V	Inicio	669423	9852072	5T-Los Cañales	2.88	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669423	9852072							
120V	Inicio	668639	9851205	4S-zona poblada y cultivos	1.5	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670018	9850904							
121V	Inicio	669607	9850281	4S-zona poblada y cultivos	0.98	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	668715	9850572							
122V	Inicio	669956	9849030	Aguas Frías-zona poblada y cultivos	1.12	Vecinal	Tierra	-	4	Aguacatal
	Fin	670873	9849348							
123V	Inicio	670199	9848493	4S-cultivos	1.17	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670885	9848216							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
124V	Inicio	670141	9847779	4S-zona poblada y cultivos	1.23	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671197	9847673							
125V	Inicio	670105	9847058	4S-zona poblada y cultivos	1.12	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671137	9846994							
126V	Inicio	670088	9846114	4S-zona de cultivos	1.94	Vecinal	Tierra	-	4	Aguacatal
	Fin	671310	9846779							
127V	Inicio	670713	9846453	126V--cultivos-126V	0.4	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670418	9846230							
128V	Inicio	670815	9845179	4S-127V	1.55	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670675	9846362							
129V	Inicio	671652	9843635	4S-zona poblada y cultivos	1.14	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672369	9844106							
130V	Inicio	672074	9845091	32V-zona poblada y cultivos-32V	1.72	Vecinal	Tierra	-	4	Aguacatal
	Fin	671849	9846264							
131V	Inicio	672281	9849516	32V-135V	4.18	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672261	9846449							
132V	Inicio	673567	9846471	E25-131V	2.27	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671931	9847387							
133V	Inicio	673683	9846622	135V-E25	2.91	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673010	9849127							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
134V	Inicio	672744	9849229	135V-zona poblada y cultivos	0.95	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672595	9848294							
135V	Inicio	672281	9849516	La Democracia(38V)-131V-38V	3.06	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672281	9849516							
136V	Inicio	672897	9851046	137V-La América	1.04	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672011	9851081							
137V	Inicio	672092	9850845	138V-zona poblada y cultivos	0.93	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672051	9851691							
138V	Inicio	671226	9850416	Los Amarillos-La Primavera	3.16	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672569	9851852							
139V	Inicio	673222	9849729	El Progreso-zona poblada y cultivos	1.39	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674286	9849573							
140V	Inicio	675478	9850065	E25-Carbo Malo-40V	2.25	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675904	9848131							
141V	Inicio	674565	9852368	40V-Esperanza América	1.69	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673242	9851477							
142V	Inicio	674422	9854050	40V-Zona poblada y cultivos	2	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673617	9852802							
143V	Inicio	675493	9855096	6T-E25	1.03	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675769	9854352							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
144V	Inicio	674349	9855054	6T-zona poblada y cultivos	0.89	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675119	9854714							
145V	Inicio	675385	9853343	40V-zona poblada y cultivos	1.19	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674451	9853710							
145V	Inicio	674582	9854870	144V-zona poblada y cultivos	1.01	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674948	9854083							
146V	Inicio	673022	9853654	6T-zona poblada y cultivos	1.13	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672557	9854620							
147V	Inicio	675555	9853115	E25-zona poblada y cultivos	1.02	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	676399	9853328							
148V	Inicio	676405	9852573	E25-zona poblada y cultivos-E25	1.63	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	676295	9851864							
149V	Inicio	675998	9852628	148V-zona poblada y cultivos	0.84	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675465	9852688							
150V	Inicio	675554	9851616	E25-zona poblada y cultivos	0.71	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	676113	9851469							
151V	Inicio	674666	9852268	40V-zona poblada y cultivos	0.74	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675195	9851893							
152V	Inicio	675174	9851295	40V-zona poblada y cultivos	0.84	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674664	9851563							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
153V	Inicio	675327	9850402	40V-zona poblada y cultivos	0.6	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675083	9850572							
154V	Inicio	674481	9848537	139V-zona poblada y cultivos	1.82	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673742	9850037							
155V	Inicio	675547	9848588	140V-zona poblada y cultivos	1.32	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674715	9848058							
156V	Inicio	673571	9848884	38V-zona poblada y cultivos	1.51	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673828	9847532							
157V	Inicio	671630	9848695	131V-zona poblada y cultivos	0.66	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672167	9848333							
158V	Inicio	672182	9847791	132V-131V	1.54	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672182	9847791							
159V	Inicio	673100	9846169	32V-zona poblada y cultivos	0.46	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673148	9846595							
160V	Inicio	671927	9844380	4S-zona de cultivos	0.89	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671326	9844220							
161V	Inicio	669932	9846695	4S-zona poblada y cultivos	0.41	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670303	9846562							
162V	Inicio	670116	9850303	98V-zona de cultivos	0.52	Vecinal	Tierra	-	4	Aguacatal
	Fin	669820	9850456							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Coordenadas UTM WGS84 Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
163V	Inicio	669424	9851124	120V-zona de cultivos	0.66	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669546	9850521							
164V	Inicio	668040	9852453	5T-zona poblada y cultivos	1.1	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	668687	9852782							
165V	Inicio	669784	9853792	5T-zona poblada y cultivos	1.37	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669589	9853315							
166V	Inicio	669418	9853440	166V-zona poblada y cultivos	0.69	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	668952	9852947							
167V	Inicio	669339	9853745	165V-zona poblada y cultivos	0.61	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669024	9854046							
168V	Inicio	667814	9853229	4S-zona poblada y cultivos	0.83	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	668437	9853460							
169V	Inicio	667688	9854021	zona poblada y cultivos	0.53	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	667637	9853598							
170V	Inicio	669024	9855794	109V-zona de cultivos-109V	0.84	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	668891	9855255							
171V	Inicio	666899	9856458	4S-zona poblada y cultivos	0.48	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	667376	9856464							
172V	Inicio	670398	9856639	6T-zona poblada y cultivos	1.23	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670602	9855784							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
173V	Inicio	671106	9856348	6T-zona poblada y cultivos	0.86	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671797	9856746							
174V	Inicio	671600	9855630	6T-zona poblada y cultivos	0.46	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671660	9856045							
175V	Inicio	671712	9855551	6T-zona de cultivos	0.61	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672158	9855683							
176V	Inicio	671666	9855343	6T-zona poblada y cultivos	0.6	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672224	9855363							
177V	Inicio	671834	9854469	38V-zona poblada y cultivos	0.57	Vecinal	Tierra	-	4	Lechugal 2
	Fin	671306	9854509							
178V	Inicio	671654	9858299	84V-zona poblada y cultivos	0.83	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671463	9857568							
179V	Inicio	671809	9858008	84V-zona poblada y cultivos	0.27	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672067	9858022							
180V	Inicio	671678	9858504	84V-zona poblada y cultivos	0.3	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671916	9858319							
181V	Inicio	671832	9858714	84V-zona poblada y cultivos	0.37	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672076	9858871							
182V	Inicio	671051	9858679	85V-36V	0.93	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670853	9859390							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
183V	Inicio	669864	9858084	7T-zona poblada y cultivos	0.64	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670281	9858491							
184V	Inicio	669878	9857903	7T-zona de cultivos	0.6	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670400	9857919							
185V	Inicio	669825	9857707	7T-zona poblada y cultivos	0.45	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670181	9857609							
186V	Inicio	669887	9857706	185V-zona de cultivos	0.45	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670260	9857505							
187V	Inicio	670699	9857579	36V-zona poblada y cultivos	0.55	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670481	9857118							
188V	Inicio	670874	9857137	36V-zona poblada y cultivos	0.49	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671350	9857100							
189V	Inicio	671145	9858339	36V-zona poblada y cultivos	0.35	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671397	9858232							
190V	Inicio	670516	9859911	7T-zona poblada y cultivos	0.96	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671232	9860142							
191V	Inicio	670602	9859725	7T-zona poblada y cultivos	0.89	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669813	9859816							
192V	Inicio	669967	9862470	7T-zona poblada y cultivos	1.4	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671227	9862124							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Coordenadas UTM WGS84 Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
193V	Inicio	669856	9863021	7T-zona poblada y cultivos	1.53	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670695	9862933							
194V	Inicio	671580	9863824	8T-zona poblada y cultivos	2.27	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671915	9862106							
195V	Inicio	672203	9862980	8T-zona poblada y cultivos	1.55	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672447	9861823							
196V	Inicio	672204	9862890	195V-Lechugalillo	1.12	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672751	9862030							
197V	Inicio	669347	9864405	7T-La Chonta	0.27	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669588	9864388							
198V	Inicio	669599	9864842	7T-zona poblada y cultivos	1.43	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669979	9863737							
199V	Inicio	669898	9865177	7T-zona poblada y cultivos	0.42	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670062	9864823							
200V	Inicio	670543	9864941	8T-zona poblada y cultivos	0.65	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670704	9864403							
201V	Inicio	671179	9864323	8T-zona poblada y cultivos	0.54	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670777	9864025							
202V	Inicio	671732	9864936	8T-203V	3.97	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671540	9863889							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
203V	Inicio	672118	9864234	208V-zona poblada y cultivos	1.81	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671920	9865722							
204V	Inicio	669688	9865704	8S-7T	3.39	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671606	9868139							
205V	Inicio	670314	9866092	Bijagual-206V	1.91	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671291	9864857							
206V	Inicio	671107	9864592	8T-203V	0.82	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	671718	9864850							
207V	Inicio	671175	9867013	E25-LEchugal-204V	5.25	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674693	9868413							
208V	Inicio	673434	9864354	204V-Lechugal del Medio	4.45	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670706	9866307							
209V	Inicio	672845	9865155	208V-zona poblada y cultivos	0.68	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673399	9864858							
210V	Inicio	670295	9863352	193V-zona poblada y cultivos	0.51	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	670657	9863338							
211V	Inicio	672614	9865824	207V-208V	0.87	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672683	9866381							
212V	Inicio	675363	9865870	E25-zona poblada y cultivos	2.21	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673440	9865591							

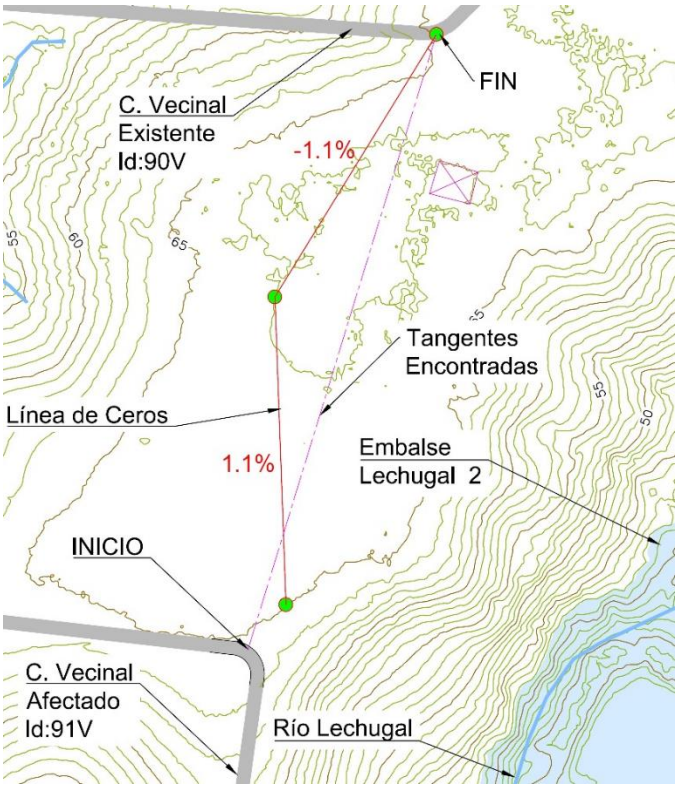
Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
213V	Inicio	674504	9864711	212V-zona de cultivos	1.39	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673955	9865741							
214V	Inicio	674006	9865130	212V-zona poblada y cultivos	0.66	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673748	9865655							
215V	Inicio	674722	9865827	212V-zona poblada y cultivos	0.48	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674447	9866121							
216V	Inicio	674288	9865768	212V-zona poblada y cultivos	0.5	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673890	9866044							
217V	Inicio	675494	9863989	E25-zona poblada y cultivos	0.68	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675058	9864489							
218V	Inicio	674894	9862719	8T-zona de cultivos	1.04	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674244	9863426							
219V	Inicio	673700	9863098	8T-zona poblada y cultivos	0.93	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673433	9863685							
220V	Inicio	672886	9861627	8T-zona poblada y cultivos	2.25	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673401	9863156							
221V	Inicio	674605	9861683	E25-zona de cultivos	0.88	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674218	9862362							
222V	Inicio	674593	9861656	E25-220V	1.77	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673414	9862769							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
223V	Inicio	674726	9861223	E25-zona poblada y cultivos	0.74	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674167	9861584							
224V	Inicio	673669	9861540	E25-zona poblada y cultivos	1.85	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674896	9860522							
225V	Inicio	672985	9860653	E25-zona poblada y cultivos	2.79	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675030	9859910							
226V	Inicio	675171	9859221	E25-106V	1.9	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673508	9859774							
227V	Inicio	674027	9859472	E25-zona de cultivos	1.24	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675172	9859126							
228V	Inicio	673513	9861112	225V-zona poblada y cultivos	0.46	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673879	9860907							
229V	Inicio	673306	9858802	104V-zona de cultivos	0.87	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673122	9858059							
230V	Inicio	672934	9858948	103V-zona poblada y cultivos	0.81	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	672320	9858686							
231V	Inicio	675203	9857774	E25-zona de cultivo	1.28	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674008	9857907							
232V	Inicio	674330	9856370	E25-39V	2.47	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675250	9857554							

Id	Inicio/ Fin	Coordenadas UTM WGS84 X	Y	Tramo	Longitud (km)	Clasif.	Capa de Rodadura	Estado	Ancho de Calzada (m)	Afectación
233V	Inicio	673734	9856704	43V-zona poblada y cultivos	0.6	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673214	9856876							
234V	Inicio	673214	9856876	43V-zona poblada y cultivos	1.12	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673620	9856030							
235V	Inicio	672917	9856750	43V-zona poblada y cultivos	1.25	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	673097	9855577							
236V	Inicio	674651	9856097	39V-zona cultivos	0.96	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	674347	9855575							
237V	Inicio	675438	9857016	E25-zona de cultivo	0.52	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	675063	9856806							
238V	Inicio	666176	9865059	1S-239V	4.06	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	666275	9863193							
239V	Inicio	665957	9863232	1S-7T	4.8	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669883	9862820							
240V	Inicio	667115	9863906	7T-238V	2.26	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669234	9864138							
241V	Inicio	669622	9863655	7T-239V	1.47	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669506	9862604							
242V	Inicio	665959	9860657	4S-La Franco-34V	2.53	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	667483	9860106							
243V	Inicio	668174	9860356	34V-La Libertad	1.45	Vecinal	Tierra	-	4	No
	Fin	669124	9861053							

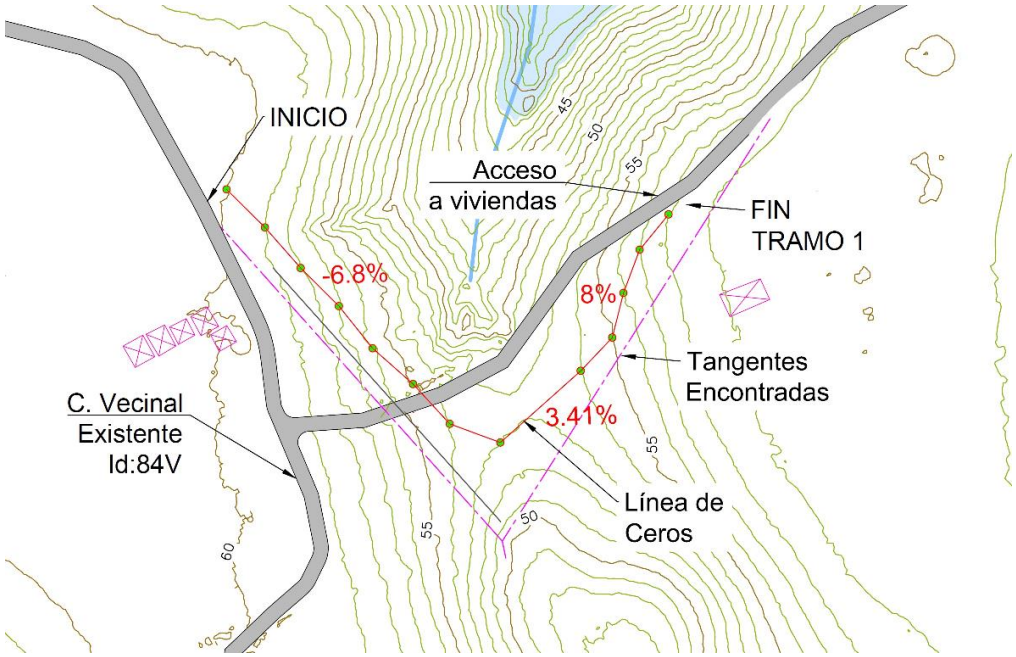
ANEXO B
TRAZADO DE LA LÍNEA DE CEROS Y TANGENTES HORIZONTALES

B.1. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 91V_LCH2_1.

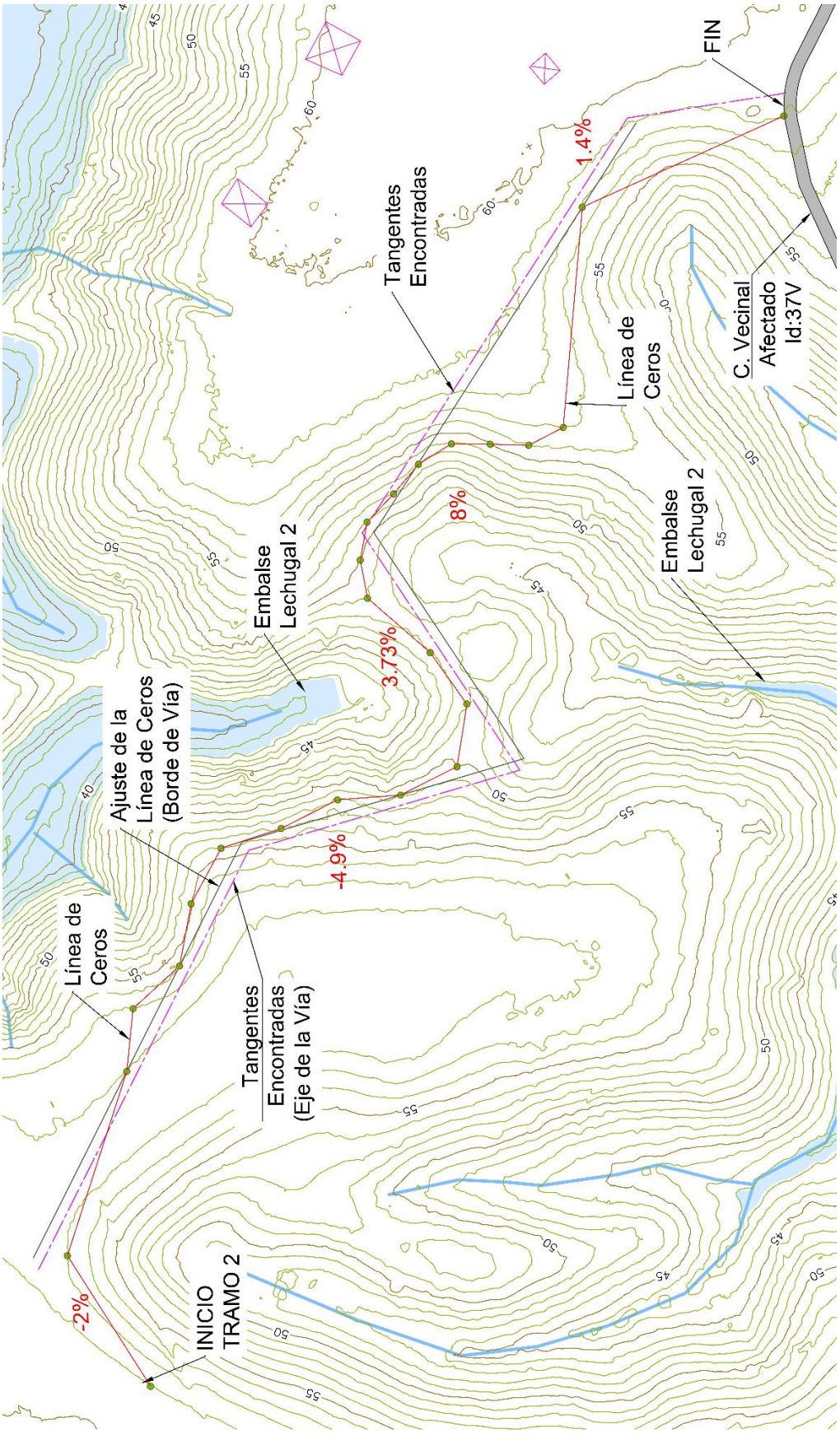


B.2. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 37V_LCH2_2.

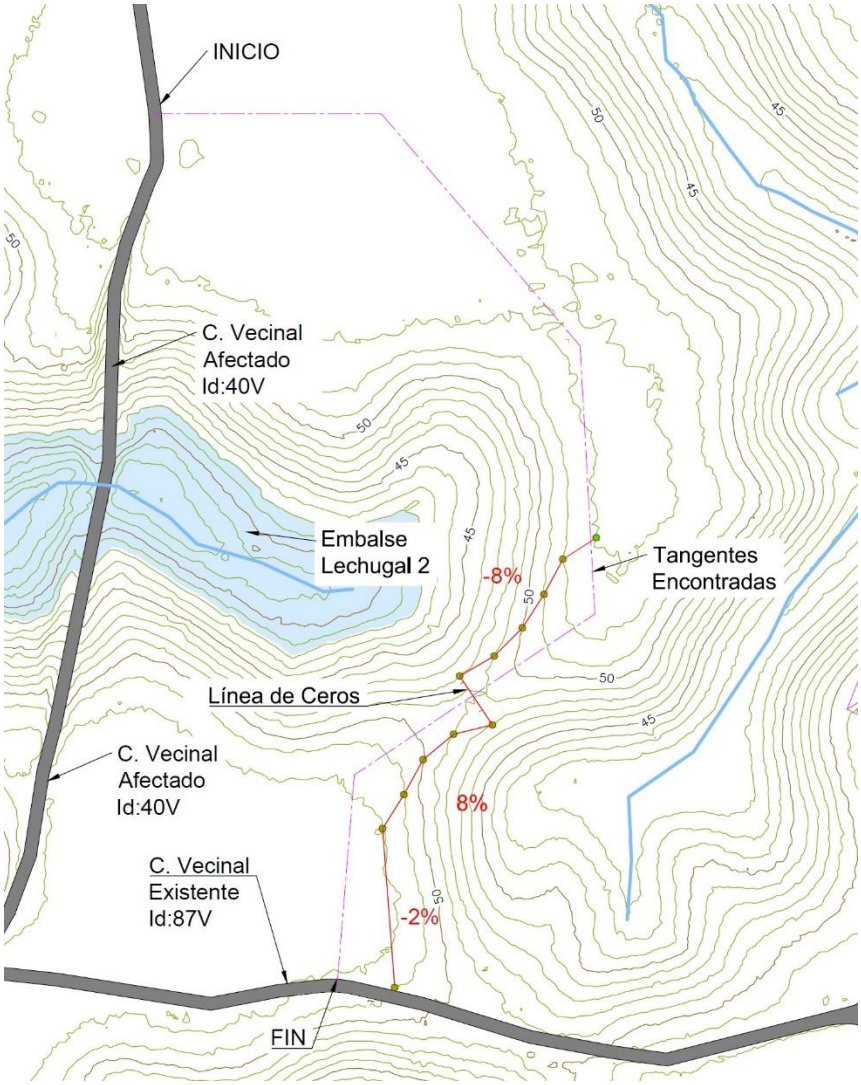
Tramo 1:



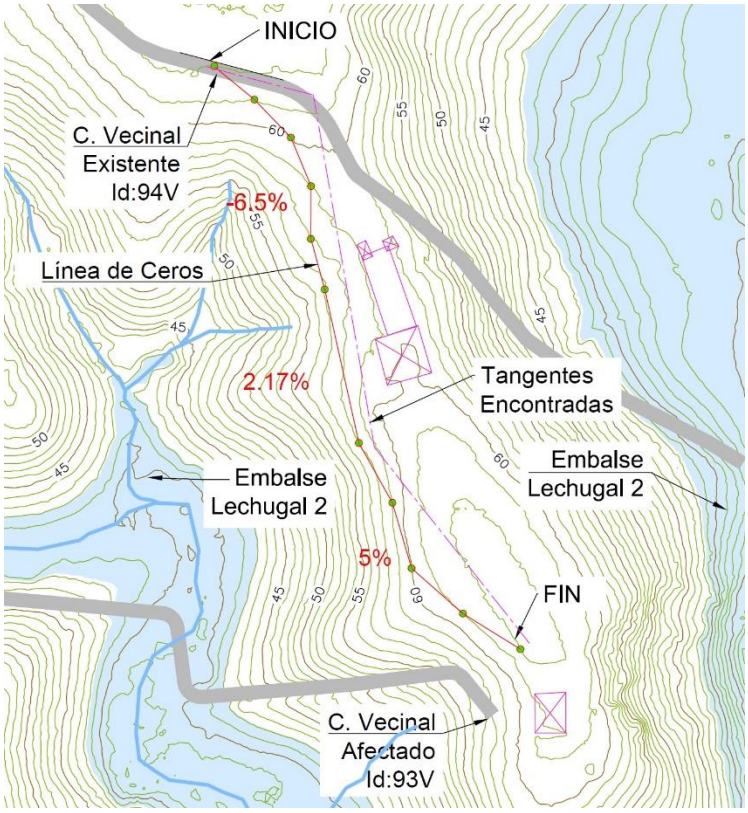
Tramo 2:


INICIO
TRAMO 2
-2%
Línea de
Ceros
Ajuste de la
Línea de Ceros
(Borde de Vía)
Tangentes
Encontradas
(Eje de la Vía)
-4.9%
Embalse
Lechugal 2
3.73%
Tangentes
Encontradas
8%
Línea de
Ceros
1.4%
Embalse
Lechugal 2
C. Vecinal
Afectado
Id:37V
FIN

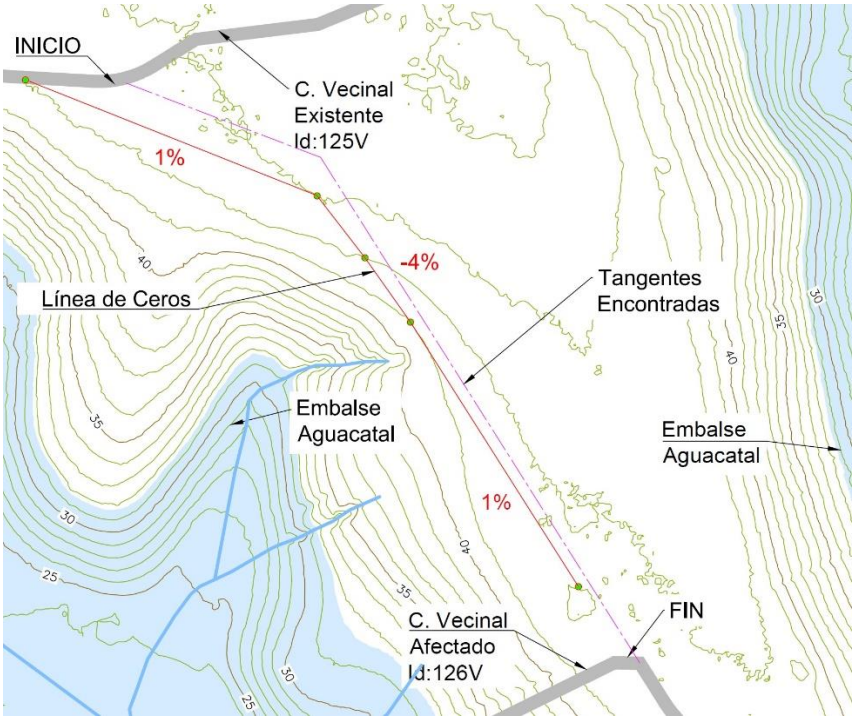
B.3. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 40V_LCH2_1.



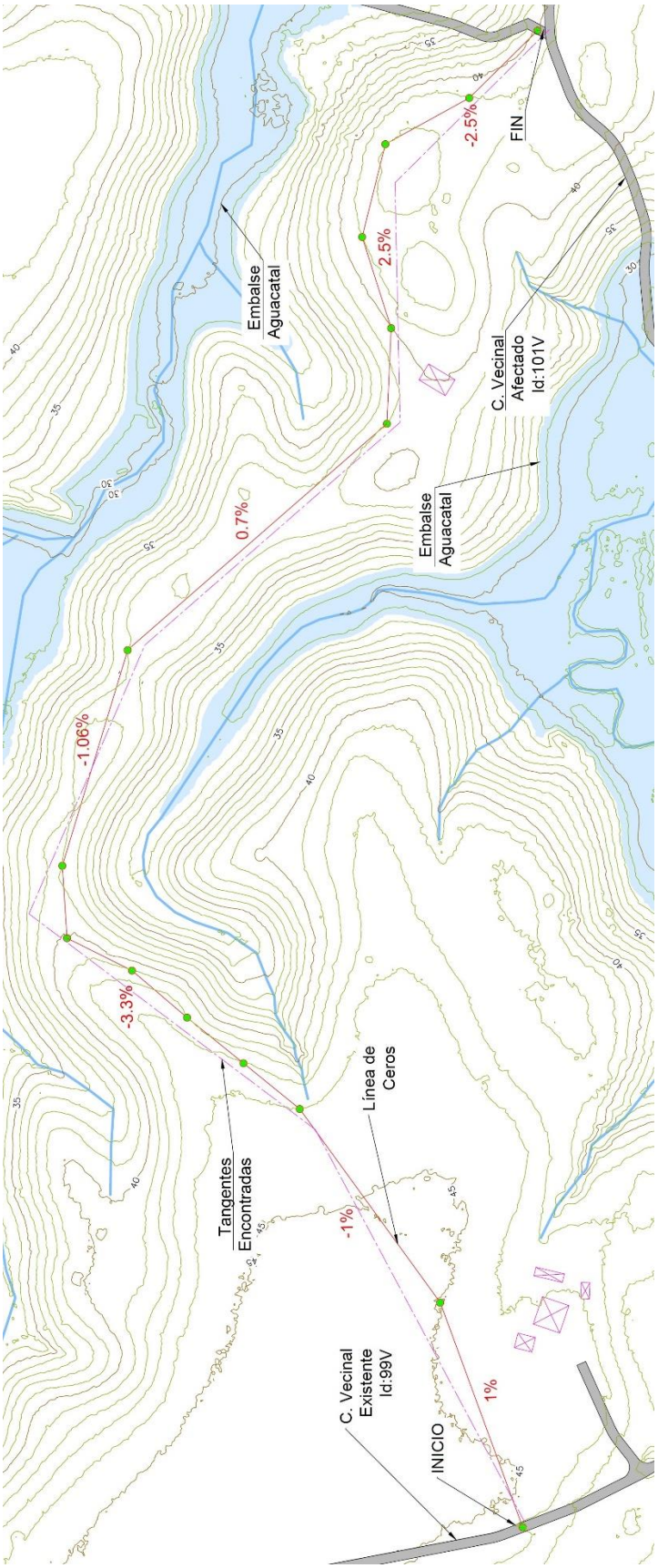
B.4. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 93V_LCH2_1.



B.5. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 126V_AGT_2.



B.6. Trazado de la Línea de Ceros y Tangentes Horizontales para la vía 101V_AGT_1.



ANEXO C
PROYECTO DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

C.1. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 9T_LCH2_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
INICIO	0+000.00	58.601	58.801		-1.3		0.20	
	0+010.00	58.399	58.671				0.27	
	0+020.00	58.260	58.541				0.28	
	0+030.00	58.189	58.411				0.22	
	0+040.00	58.142	58.281				0.14	
	0+050.00	58.081	58.151	PCV	-1.3		0.07	
	0+060.00	58.032	57.938			0.09		
PIV#1	0+065.00	57.984	57.769			0.22		
	0+070.00	57.830	57.558			0.27		
	0+080.00	57.369	57.011	PTV	-6.3	0.36		
	0+090.00	56.589	56.381			0.21		
	0+100.00	55.855	55.751			0.10		
	0+110.00	55.085	55.121				0.04	
	0+120.00	54.451	54.491				0.04	
	0+130.00	53.850	53.861				0.01	
	0+134.54	53.612	53.575			0.04		PC
	0+140.00	53.244	53.231			0.01		
	0+150.00	52.701	52.601			0.10		
	0+159.89	52.081	51.978			0.10		PT
	0+160.00	52.068	51.971	PCV	-6.3	0.10		
	0+170.00	51.387	51.414				0.03	
	0+180.00	50.784	51.001				0.22	
PIV#2	0+190.00	50.537	50.734				0.20	
	0+200.00	50.456	50.611				0.15	
	0+203.45	50.456	50.602				0.15	Punto Bajo
	0+210.00	50.561	50.634				0.07	
	0+220.00	50.825	50.801	PTV	2.4	0.02		
	0+230.00	51.114	51.041			0.07		
	0+240.00	51.382	51.281	PCV	2.4	0.10		
	0+250.00	51.652	51.497			0.15		
PIV#3	0+260.00	51.778	51.666			0.11		
	0+270.00	51.935	51.787			0.15		
	0+280.00	51.977	51.861	PTV	0.5	0.12		
	0+290.00	51.970	51.911			0.06		
	0+300.00	51.934	51.961				0.03	
	0+310.00	52.011	52.011			0.00		
	0+320.00	52.091	52.061			0.03		
	0+330.00	52.163	52.111			0.05		
	0+340.00	52.169	52.161			0.01		

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo C.1. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 9T_LCH2_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
	0+350.00	52.314	52.211			0.10		
	0+360.00	52.374	52.261			0.11		
	0+370.00	52.447	52.311			0.14		
	0+380.00	52.575	52.361			0.21		
	0+389.48	52.532	52.408			0.12		PC
	0+390.00	52.552	52.411			0.14		
	0+400.00	52.611	52.461			0.15		
	0+410.00	52.680	52.511			0.17		
	0+420.00	52.803	52.561	PCV	0.5	0.24		
	0+425.00	52.804	52.574			0.23		Punto Alto
	0+430.00	52.737	52.561			0.18		
	0+440.00	52.563	52.461			0.10		
PIV#4	0+450.00	52.264	52.261			0.00		
	0+460.00	51.97	51.961			0.01		
	0+470.00	51.636	51.561			0.08		
	0+470.84	51.611	51.523			0.09		PT
	0+480.00	51.247	51.061	PTV	-5.5	0.19		
	0+490.00	50.809	50.511			0.30		
	0+500.00	50.402	49.961			0.44		
	0+510.00	49.945	49.411			0.53		
	0+520.00	49.44	48.861			0.58		
	0+530.00	48.758	48.311			0.45		
	0+540.00	47.986	47.761			0.22		
	0+550.00	47.336	47.211			0.13		
	0+560.00	46.739	46.661	PCV	-5.5	0.08		
	0+570.00	46.166	46.175				0.01	
	0+580.00	45.676	45.815				0.14	
	0+589.33	45.218	45.595				0.38	PC
	0+590.00	45.200	45.583				0.38	
PIV#5	0+595.00	42.464	45.515				3.05	
	0+600.00	44.986	45.478				0.49	
	0+603.26	45.106	45.471				0.37	Punto Bajo
	0+610.00	45.208	45.500				0.29	
	0+620.00	45.589	45.650				0.06	
	0+624.37	45.806	45.755			0.05		PT
	0+630.00	46.015	45.926	PTV	3.4	0.09		
	0+640.00	46.325	46.266			0.06		
	0+650.00	46.621	46.606			0.02		
	0+660.00	47.019	46.946			0.07		
	0+670.00	47.532	47.286			0.25		
	0+680.00	48.031	47.626			0.40		
	0+690.00	48.423	47.966			0.46		

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo C.1. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 9T_LCH2_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
	0+700.00	48.674	48.306	PCV	3.4	0.37		
	0+709.25	48.799	48.586			0.21		PC
	0+710.00	48.809	48.606			0.20		
	0+720.00	48.804	48.826				0.02	
PIV#6	0+730.00	49.424	48.966			0.46		
	0+740.00	52.627	49.026			3.60		
	0+742.50	53.742	49.029			4.71		Punto Alto
	0+750.00	53.644	49.006			4.64		
	0+760.00	52.831	48.906	PTV	-1.4	3.93		
	0+770.00	50.986	48.766			2.22		
	0+780.00	49.679	48.626			1.05		
	0+782.05	49.469	48.597			0.87		PT
	0+790.00	48.545	48.486			0.06		
	0+800.00	48.365	48.346			0.02		
	0+810.00	49.330	48.206			1.12		
	0+820.00	50.505	48.066			2.44		
	0+830.00	51.303	47.926			3.38		
	0+840.00	51.736	47.786			3.95		
	0+850.00	51.767	47.646			4.12		
	0+860.00	51.280	47.506			3.77		
	0+870.00	50.364	47.366	PCV	-1.4	3.00		
	0+880.00	49.209	47.197			2.01		
	0+888.46	48.138	47.010			1.13		PC
PIV#7	0+890.00	47.908	46.971			0.94		
	0+900.00	46.596	46.687				0.09	
	0+910.00	46.121	46.346	PTV	-3.7		0.23	
	0+920.00	46.596	45.976			0.62		
	0+930.00	47.159	45.606			1.55		
	0+934.37	47.378	45.444			1.93		PT
	0+940.00	47.969	45.236			2.73		
	0+950.00	48.218	44.866			3.35		
	0+960.00	45.517	44.496			1.02		
	0+970.00	44.116	44.126	PCV	-3.7		0.01	
	0+980.00	43.078	43.809				0.73	
PIV#8	0+990.00	42.236	43.596				1.36	
	1+000.00	41.929	43.489				1.56	
	1+005.24	42.056	43.474				1.42	Punto Bajo
	1+010.00	42.035	43.486	PTV	0.5		1.45	
	1+020.00	42.179	43.536				1.36	
	1+030.00	42.152	43.586				1.43	
	1+030.04	42.155	43.586				1.43	PC
	1+040.00	42.230	43.636				1.41	
	1+050.00	42.668	43.686				1.02	

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo C.1. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 9T_LCH2_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
	1+060.00	44.575	43.736			0.84		
	1+063.24	44.856	43.752			1.10		PT
	1+070.00	44.270	43.786	PCV	0.5	0.48		
	1+080.00	42.492	43.845				1.35	
PIV#9	1+090.00	42.466	43.921				1.46	
	1+100.00	42.559	44.015				1.46	
	1+110.00	42.410	44.126	PTV	1.2		1.72	
	1+117.34	42.881	44.214				1.33	PC
	1+120.00	43.266	44.246				0.98	
	1+130.00	45.009	44.366	PCV	1.2	0.64		
	1+140.00	45.147	44.540			0.61		
	1+150.00	44.555	44.823				0.27	
	1+160.00	44.535	45.215				0.68	
PIV#10	1+165.00	45.173	45.451				0.28	
	1+170.00	45.866	45.715			0.15		
	1+180.00	47.160	46.323			0.84		
	1+190.00	47.769	47.040			0.73		
	1+191.41	47.865	47.150			0.71		PT
	1+200.00	48.621	47.866	PTV	8.8	0.76		
	1+210.00	49.736	48.746			0.99		
	1+220.00	51.719	49.626			2.09		
	1+230.00	53.878	50.506			3.37		
	1+240.00	55.139	51.386			3.75		
	1+243.47	55.329	51.691			3.64		PC
	1+250.00	55.588	52.266			3.32		
	1+260.00	56.053	53.146			2.91		
	1+270.00	56.281	54.026			2.26		
	1+272.84	56.354	54.276			2.08		PT
	1+280.00	56.797	54.906			1.89		
	1+290.00	57.716	55.786	PCV	8.8	1.93		
	1+300.00	58.509	56.608			1.90		
	1+310.00	58.865	57.314			1.55		
	1+320.00	58.946	57.903			1.04		
	1+326.98	59.014	58.245			0.77		PC
PIV#11	1+330.00	59.070	58.376			0.69		
	1+340.00	59.152	58.733			0.42		
	1+350.00	59.262	58.974			0.29		
	1+360.00	59.301	59.098			0.20		
	1+365.70	59.356	59.117			0.24		Punto Alto
	1+367.79	59.379	59.114			0.26		PT
	1+370.00	59.402	59.106	PTV	-0.5	0.30		
	1+380.00	59.538	59.056			0.48		
	1+390.00	59.503	59.006			0.50		

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo C.1. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 9T_LCH2_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
	1+400.00	59.471	58.956			0.51		
	1+410.00	59.41	58.906			0.50		
	1+420.00	59.287	58.856	PCV	-0.5	0.43		
	1+430.00	59.182	58.814			0.37		
	1+437.63	59.045	58.794			0.25		PC
	1+440.00	58.978	58.789			0.19		
	1+449.98	58.878	58.781			0.10		Punto Bajo
PIV#12	1+450.00	58.878	58.781			0.10		
	1+460.00	59.092	58.789			0.30		
	1+470.00	58.541	58.814				0.27	
	1+480.00	58.529	58.856	PTV	0.5		0.33	
	1+483.60	58.61	58.874				0.26	PT
	1+490.00	58.641	58.906				0.27	
	1+500.00	58.772	58.956				0.18	
	1+510.00	58.812	59.006				0.19	
	1+520.00	58.978	59.056				0.08	
FIN	1+521.31	59.035	59.063				0.03	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

C.2. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 37V_LCH2_2.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
INICIO	0+000.00	60.172	60.172	PCV	-4.0			
	0+010.00	59.880	59.735			0.15		
PIV#1	0+020.00	59.456	59.222			0.23		
	0+030.00	59.164	58.635			0.53		
	0+040.00	58.844	57.972	PTV	-7.0	0.87		
	0+050.00	58.146	57.272			0.87		
	0+060.00	57.399	56.572			0.83		
	0+069.55	56.727	55.904			0.82		PC
	0+070.00	56.637	55.872			0.77		
	0+080.00	55.474	55.172			0.30		
	0+090.00	54.395	54.472	PCV	-7.0		0.08	
	0+100.00	53.495	53.896				0.40	
	0+110.00	52.823	53.569				0.75	
	0+118.19	52.782	53.485				0.70	Punto Bajo
PIV#2	0+120.00	52.842	53.490				0.65	
	0+130.00	53.462	53.659				0.20	
	0+140.00	54.324	54.076			0.25		
	0+143.35	54.596	54.272			0.32		PT
	0+150.00	55.094	54.742	PTV	7.9	0.35		
	0+160.00	56.181	55.532			0.65		
	0+170.00	57.343	56.322	PCV	7.9	1.02		

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo C.2. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 37V_LCH2_2.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
	0+180.00	58.419	57.033			1.39		
PIV#3	0+190.00	58.856	57.587			1.27		
	0+200.00	59.073	57.983			1.09		
	0+210.00	59.011	58.222	PTV	1.6	0.79		
	0+214.89	58.888	58.300			0.59		PC
	0+220.00	58.770	58.382			0.39		
	0+230.00	58.758	58.542			0.22		
	0+238.32	58.934	58.675			0.26		PT
	0+240.00	58.992	58.702			0.29		
	0+250.00	59.367	58.862			0.51		
	0+260.00	59.489	59.022			0.47		
	0+270.00	59.569	59.182			0.39		
	0+280.00	59.609	59.342			0.27		
	0+290.00	59.667	59.502	PCV	1.6	0.17		
	0+300.00	59.856	59.618			0.24		
	0+308.29	59.900	59.648			0.25		Punto Alto
PIV#4	0+310.00	59.898	59.647			0.25		
	0+320.00	59.874	59.588			0.29		
	0+330.00	59.818	59.442	PTV	-1.9	0.38		
	0+340.00	59.628	59.252			0.38		
	0+350.00	59.467	59.062			0.41		
	0+360.00	59.310	58.872			0.44		
	0+370.00	59.090	58.682			0.41		
	0+380.00	58.823	58.492			0.33		
	0+382.88	58.774	58.437			0.34		PC
	0+390.00	58.665	58.302	PCV	-1.9	0.36		
	0+400.00	58.261	58.135			0.13		
PIV#5	0+405.00	58.187	58.070			0.12		
	0+410.00	58.199	58.015			0.18		
	0+420.00	58.124	57.942	PTV	-0.5	0.18		
	0+428.28	58.191	57.901			0.29		PT
	0+430.00	58.200	57.892			0.31		
	0+440.00	58.456	57.842			0.61		
	0+450.00	58.381	57.792	PCV	-0.5	0.59		
	0+460.00	58.312	57.701			0.61		
	0+470.00	58.090	57.529			0.56		
PIV#6	0+480.00	58.076	57.275			0.80		
	0+490.00	57.855	56.939			0.92		
	0+500.00	57.322	56.521			0.80		
	0+510.00	56.707	56.022	PTV	-5.4	0.69		
	0+520.00	56.574	55.482			1.09		
	0+530.00	57.003	54.942			2.06		

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo C.2. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 37V_LCH2_2.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
	0+540.00	56.584	54.402			2.18		
	0+541.12	56.507	54.342			2.17		PC
	0+550.00	55.613	53.862			1.75		
	0+560.00	54.489	53.322			1.17		
	0+565.68	54.017	53.015			1.00		PT
	0+570.00	54.148	52.782			1.37		
	0+580.00	53.545	52.242			1.30		
	0+590.00	53.078	51.702			1.38		
	0+600.00	51.676	51.162			0.51		
	0+610.00	51.494	50.622			0.87		
	0+610.06	51.495	50.619			0.88		PC
	0+620.00	51.220	50.082			1.14		
	0+630.00	49.804	49.542			0.26		
	0+640.00	49.327	49.002	PCV	-5.4	0.33		
	0+650.00	49.040	48.565			0.48		
	0+656.80	48.817	48.385			0.43		PT
	0+660.00	48.618	48.333			0.28		
	0+666.25	48.497	48.293			0.20		Punto Bajo
	0+670.00	48.489	48.308			0.18		
PIV#7	0+675.00	48.323	48.372				0.05	
	0+680.00	48.145	48.488				0.34	
	0+690.00	47.515	48.873				1.36	
	0+698.60	48.008	49.370				1.36	PC
	0+700.00	48.098	49.465				1.37	
	0+710.00	49.234	50.262	PTV	9.0		1.03	
	0+720.00	51.023	51.162				0.14	
	0+727.47	52.489	51.834			0.65		PT
	0+730.00	52.867	52.062			0.81		
	0+740.00	54.081	52.962			1.12		
	0+750.00	55.608	53.862			1.75		
	0+760.00	57.392	54.762	PCV	9.0	2.63		
	0+770.00	58.487	55.597			2.89		
	0+780.00	58.977	56.302			2.68		
PIV#8	0+790.00	59.139	56.877			2.26		
	0+800.00	59.180	57.322			1.86		
	0+810.00	58.659	57.637			1.02		
	0+820.00	58.611	57.822	PTV	1.2	0.79		
	0+830.00	58.541	57.942			0.60		
	0+840.00	58.313	58.062			0.25		
	0+850.00	58.724	58.182			0.54		
	0+852.25	58.740	58.209			0.53		PC
	0+860.00	58.688	58.302			0.39		

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo C.2. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 37V_LCH2_2.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
	0+870.00	58.697	58.422	PCV	1.2	0.28		
	0+880.00	59.024	58.556			0.47		
	0+886.10	59.006	58.651			0.36		PT
PIV#9	0+890.00	59.015	58.717			0.30		
	0+900.00	59.245	58.906			0.34		
	0+910.00	59.467	59.122	PTV	2.3	0.35		
FIN	0+919.73	59.343	59.346				0.00	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

C.3. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 40V_LCH2_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
INICIO	0+000.00	53.460	53.460		0.5			
	0+010.00	53.497	53.510				0.01	
	0+020.00	53.563	53.560	PCV	0.5	0.00		
	0+030.00	53.581	53.595				0.01	
	0+036.66	53.618	53.602			0.02		Punto Alto
PIV#1	0+040.00	53.619	53.600			0.02		
	0+043.30	53.632	53.595			0.04		PC
	0+050.00	53.681	53.575			0.11		
	0+060.00	53.582	53.520	PTV	-0.7	0.06		
	0+070.00	53.541	53.450			0.09		
	0+080.00	53.468	53.380			0.09		
	0+090.00	53.429	53.310			0.12		
	0+095.05	53.524	53.275			0.25		PT
	0+100.00	53.398	53.240			0.16		
	0+110.00	53.292	53.170			0.12		
	0+120.00	53.171	53.100			0.07		
	0+130.00	53.192	53.030			0.16		
	0+140.00	52.966	52.960			0.01		
	0+149.73	52.978	52.892			0.09		PC
	0+150.00	52.973	52.890			0.08		
	0+160.00	53.008	52.820			0.19		
	0+170.00	53.124	52.750			0.37		
	0+175.86	53.196	52.709			0.49		PT
	0+180.00	53.261	52.680			0.58		
	0+190.00	52.857	52.610			0.25		
	0+200.00	52.869	52.540			0.33		
	0+210.00	52.945	52.470	PCV	-0.7	0.48		
	0+220.00	52.786	52.321			0.46		
	0+223.81	52.813	52.223			0.59		PC
PIV#2	0+230.00	52.709	52.015			0.69		
	0+240.00	52.481	51.551			0.93		

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo C.3. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 40V_LCH2_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
	0+250.00	52.042	50.930	PTV	-7.0	1.11		
	0+260.00	51.056	50.230	PCV	-7.0	0.83		
	0+265.26	50.638	49.895			0.74		PT
	0+270.00	50.456	49.650			0.81		
	0+280.00	49.437	49.310			0.13		
	0+289.17	49.072	49.209				0.14	Punto Bajo
PIV#3	0+290.00	49.077	49.210				0.13	
	0+300.00	49.499	49.350			0.15		
	0+310.00	49.968	49.730			0.24		
	0+314.13	50.334	49.957			0.38		PC
	0+320.00	50.912	50.350	PTV	7.4	0.56		
	0+330.00	51.694	51.090	PCV	7.4	0.60		
	0+340.00	52.117	51.709			0.41		
PIV#4	0+350.00	52.316	52.085			0.23		
	0+350.10	52.318	52.088			0.23		PT
	0+360.00	52.606	52.219			0.39		
	0+360.51	52.630	52.219			0.41		Punto Alto
	0+370.00	52.682	52.110	PTV	-2.3	0.57		
	0+380.00	52.547	51.880			0.67		
	0+390.00	52.148	51.650			0.50		
FIN	0+396.46	51.483	51.501				0.02	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

C.4. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 91V_LCH2_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
INICIO	0+000.00	64.560	64.560		1.8			
	0+010.00	65.087	64.740			0.35		
	0+020.00	65.390	64.920			0.47		
	0+030.00	65.620	65.100			0.52		
	0+040.00	65.712	65.280			0.43		
	0+041.61	65.658	65.309			0.35		PC
	0+050.00	65.734	65.460			0.27		
	0+060.00	65.734	65.640	PCV	1.8	0.09		
	0+062.89	65.698	65.690			0.01		
	0+070.00	65.683	65.797				0.11	
	0+080.00	65.921	65.907			0.01		
	0+084.17	66.071	65.939			0.13		PT
PIV#1	0+090.00	66.273	65.970			0.30		
	0+098.57	66.192	65.987			0.20		Punto Alto
	0+100.00	66.180	65.987			0.19		
	0+110.00	66.146	65.957			0.19		
	0+120.00	66.271	65.880	PTV	-1	0.39		

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo C.4. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 91V_LCH2_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
	0+130.00	66.130	65.780			0.35		
	0+140.00	66.127	65.680			0.45		
	0+150.00	66.031	65.580			0.45		
	0+160.00	65.961	65.480			0.48		
	0+170.00	65.632	65.380			0.25		
	0+180.00	64.963	65.280				0.32	
	0+190.00	65.184	65.180			0.00		
FIN	0+190.29	65.173	65.177				0.00	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

C.5. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 93V_LCH2_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
INICIO	0+000.00	62.249	62.249		-3.0			
	0+010.00	61.925	61.949				0.02	
	0+020.00	61.807	61.649	PCV	-3.0	0.16		
	0+024.80	61.709	61.490			0.22		PC
	0+030.00	61.587	61.282			0.30		
PIV#1	0+035.00	61.436	61.049			0.39		
	0+040.00	61.111	60.782			0.33		
	0+050.00	60.383	60.149	PTV	-7.0	0.23		
	0+053.31	59.947	59.917			0.03		PT
	0+060.00	59.552	59.449			0.10		
	0+070.00	59.165	58.749	PCV	-7.0	0.42		
	0+080.00	58.787	58.143			0.64		
	0+090.00	58.321	57.725			0.60		
PIV#2	0+095.00	58.035	57.587			0.45		
	0+100.00	58.048	57.495			0.55		
	0+107.23	58.458	57.446			1.01		Punto Bajo
	0+110.00	58.646	57.453			1.19		
	0+116.45	58.850	57.526			1.32		PC
	0+120.00	59.028	57.599	PTV	2.4	1.43		
	0+130.00	59.725	57.839	PCV	2.4	1.89		
PIV#3	0+140.00	59.545	58.182			1.36		
	0+150.00	59.864	58.729	PTV	6.5	1.14		
	0+160.00	60.834	59.379			1.46		
	0+166.22	61.207	59.783			1.42		PT
	0+170.00	61.584	60.029			1.56		
	0+180.00	61.962	60.679			1.28		
	0+190.00	62.044	61.329	PCV	6.5	0.71		
PIV # 4	0+200.00	62.162	61.912			0.25		
	0+210.00	62.463	62.359	PTV	3.8	0.10		
FIN	0+213.85	62.504	62.505				0.00	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

C.6. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 101V_AGT_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
INICIO	0+000.00	43.945	43.945		1.1			
	0+010.00	44.929	44.055			0.87		
	0+020.00	45.094	44.165			0.93		
	0+030.00	45.062	44.275			0.79		
	0+040.00	45.048	44.385			0.66		
	0+050.00	44.753	44.495			0.26		
	0+060.00	44.759	44.605			0.15		
	0+070.00	44.844	44.715			0.13		
	0+080.00	45.044	44.825	PCV	1.1	0.22		
	0+090.00	45.098	44.909			0.19		
PIV#1	0+100.00	45.204	44.940			0.26		
	0+100.95	45.172	44.940			0.23		Punto Alto
	0+110.00	45.173	44.919			0.25		
	0+120.00	45.170	44.845	PTV	-1.0	0.33		
	0+130.00	45.228	44.745			0.48		
	0+140.00	45.150	44.645			0.51		
	0+150.00	45.006	44.545			0.46		
	0+154.45	44.892	44.501			0.39		PC
	0+160.00	44.845	44.445			0.40		
	0+170.00	44.676	44.345	PCV	-1.0	0.33		
	0+180.00	44.453	44.220			0.23		
	0+190.00	44.322	44.045			0.28		
PIV#2	0+195.00	44.237	43.939			0.30		
	0+200.00	44.089	43.820			0.27		
	0+210.00	43.822	43.545			0.28		
	0+219.73	43.613	43.229			0.38		PT
	0+220.00	43.611	43.220	PTV	-3.5	0.39		
	0+230.00	43.365	42.870			0.50		
	0+240.00	43.019	42.520			0.50		
	0+250.00	42.754	42.170			0.58		
	0+260.00	42.807	41.820			0.99		
	0+270.00	42.844	41.470			1.37		
	0+280.00	42.549	41.120			1.43		
	0+290.00	42.036	40.770			1.27		
	0+300.00	41.353	40.420			0.93		
	0+305.01	40.982	40.245			0.74		PC
	0+310.00	40.487	40.070			0.42		
	0+320.00	39.837	39.720	PCV	-3.5	0.12		
	0+330.00	39.480	39.400			0.08		
PIV#3	0+340.00	39.152	39.140			0.01		
	0+350.00	39.127	38.940			0.19		
	0+358.26	39.184	38.820			0.36		PT
	0+360.00	39.133	38.800	PTV	-1.1	0.33		
	0+370.00	39.022	38.690			0.33		
	0+380.00	39.095	38.580			0.52		
	0+390.00	39.456	38.470			0.99		
	0+400.00	39.527	38.360	PCV	-1.1	1.17		

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo C.6. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 101V_AGT_1.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
	0+410.00	39.224	38.266			0.96		
	0+420.00	38.654	38.204			0.45		
PIV#4	0+425.00	38.369	38.185			0.18		
	0+430.00	38.130	38.174				0.04	
	0+433.35	38.059	38.171				0.11	PC
	0+434.37	38.033	38.171				0.14	Punto Bajo
	0+440.00	38.122	38.176				0.05	
	0+450.00	38.429	38.210	PTV	0.5	0.22		
	0+460.00	38.742	38.260			0.48		
	0+464.57	38.890	38.283			0.61		PT
	0+470.00	38.874	38.310			0.56		
	0+480.00	38.714	38.360			0.35		
	0+490.00	38.504	38.410			0.09		
	0+500.00	38.247	38.460				0.21	
	0+510.00	38.336	38.510				0.17	
	0+520.00	38.417	38.560				0.14	
	0+530.00	38.504	38.610				0.11	
	0+540.00	38.472	38.660				0.19	
	0+550.00	38.470	38.710				0.24	
	0+560.00	38.927	38.760			0.17		
	0+566.88	39.139	38.794			0.34		PC
	0+570.00	39.244	38.810			0.43		
	0+580.00	39.200	38.860	PCV	0.5	0.34		
	0+590.00	38.883	38.944				0.06	
PIV#5	0+600.00	38.926	39.095				0.17	
	0+610.00	39.355	39.314			0.04		
	0+610.56	39.372	39.328			0.04		PT
	0+620.00	39.807	39.600	PTV	3.2	0.21		
	0+630.00	40.643	39.920			0.72		
	0+640.00	41.329	40.240			1.09		
	0+650.00	41.826	40.560			1.27		
	0+657.37	41.844	40.796			1.05		PC
	0+660.00	41.775	40.880			0.90		
	0+670.00	41.874	41.200	PCV	3.2	0.67		
	0+680.00	42.216	41.458			0.76		
	0+690.00	42.378	41.592			0.79		
PIV#6	0+695.00	42.481	41.613			0.87		
	0+695.81	42.429	41.613			0.82		Punto Alto
	0+700.00	42.463	41.602			0.86		
	0+710.00	41.977	41.488			0.49		
	0+714.05	41.807	41.407			0.40		PT
	0+720.00	41.538	41.250	PTV	-3.0	0.29		
	0+730.00	41.157	40.950	PCV	-3.0	0.21		
	0+740.00	40.751	40.694			0.06		
PIV#7	0+750.00	40.335	40.525				0.19	
	0+760.00	40.250	40.444				0.19	
	0+764.27	40.406	40.436				0.03	Punto Bajo
	0+770.00	40.646	40.450	PTV	0.5	0.20		
FIN	0+775.14	40.470	40.476				0.01	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

C.7. Proyecto del Alineamiento Vertical – Vía 126V_AGT_2.

PIV #	Abscisa (m)	Cota (m s. n. m.)		Curva Vertical	G	Corte	Relleno	Obs.
		Terreno	Proyecto		(%)	(m)	(m)	
INICIO	0+000.00	42.702	42.702		0.5			
	0+010.00	42.701	42.752				0.05	
	0+020.00	42.715	42.802				0.09	
	0+030.00	42.971	42.852			0.12		
	0+033.12	42.995	42.868			0.13		PC
	0+040.00	42.950	42.902			0.05		
	0+050.00	43.117	42.952	PCV	0.5	0.16		
	0+054.65	43.167	42.964			0.20		Punto Alto
	0+060.00	43.268	42.948			0.32		
PIV#1	0+070.00	43.151	42.837			0.31		
	0+080.00	42.973	42.618			0.35		
	0+090.00	42.661	42.292	PTV	-3.8	0.37		
	0+097.39	42.411	42.011			0.40		PT
	0+100.00	42.287	41.912	PCV	-3.8	0.38		
	0+110.00	41.825	41.581			0.24		
	0+120.00	41.532	41.348			0.18		
PIV#2	0+125.00	41.435	41.268			0.17		
	0+130.00	41.324	41.213			0.11		
	0+138.77	41.291	41.175			0.12		Punto Bajo
	0+140.00	41.307	41.176			0.13		
	0+150.00	41.407	41.237	PTV	1.1	0.17		
	0+160.00	41.503	41.347			0.16		
	0+170.00	41.609	41.457			0.15		
	0+180.00	41.821	41.567			0.25		
	0+190.00	41.925	41.677			0.25		
	0+200.00	42.010	41.787	PCV	1.1	0.22		
	0+210.00	41.875	41.877				0.00	
PIV#3	0+220.00	41.900	41.927				0.03	
	0+227.48	41.938	41.938				0.00	Punto Alto
	0+230.00	41.971	41.937			0.03		
	0+240.00	41.846	41.907	PTV	-0.5		0.06	
	0+250.00	41.847	41.857				0.01	
FIN	0+254.92	41.860	41.832			0.03		

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

ANEXO D
ENSAYOS DE LABORATORIO DE LOS SUELOS

D.1. Humedad Natural (w)

Muestra #	# Tarro	Peso Tarro (gr)	Peso húmedo + p. tarro (gr)	Peso seco + p. tarro (gr)	w (%)	w promedio (%)
1	94	41.67	65.28	59.90	29.51	29.63
	3	39.43	64.25	58.56	29.74	
2	97	46.18	64.17	60.67	24.15	23.31
	91	40.09	57.59	54.38	22.46	
3	74	47.51	70.12	64.33	34.42	34.79
	13	37.57	59.79	54.01	35.16	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

D.2. Granulometría

- Muestra # 1

Tamiz No.	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido	% Pasa
10	2.000	0.10	0.10	0.03	99.97
40	0.425	0.18	0.28	0.05	99.93
100	0.150	0.70	0.98	0.18	99.75
200	0.075	1.61	2.59	0.42	99.33
Fondo		382.95	385.54	99.33	0.00
Total		385.54		100.00	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

- Muestra # 2

Tamiz No.	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido	% Pasa
10	2.000	0.01	0.01	0.00	100.00
40	0.425	0.19	0.20	0.05	99.95
100	0.150	1.94	2.14	0.48	99.48
200	0.075	3.66	5.80	0.90	98.58
Fondo		402.19	407.99	98.58	0.00
Total		407.99		100.00	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

- Muestra # 3

Tamiz No.	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido acumulado (gr)	% Retenido	% Pasa
10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
40	0.425	0.05	0.05	0.01	99.99
100	0.150	0.79	0.84	0.21	99.77
200	0.075	1.08	1.92	0.29	99.48
Fondo		368.86	370.78	99.48	0.00
Total		370.78		100.00	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

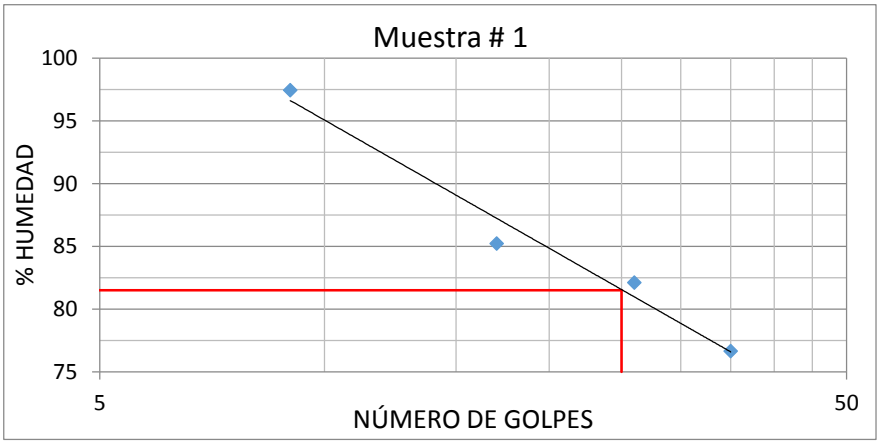
D.3. Límite Líquido (LL)

Resultados de los ensayos para la determinación del límite líquido de acuerdo al procedimiento D 4318 de la ASTM.

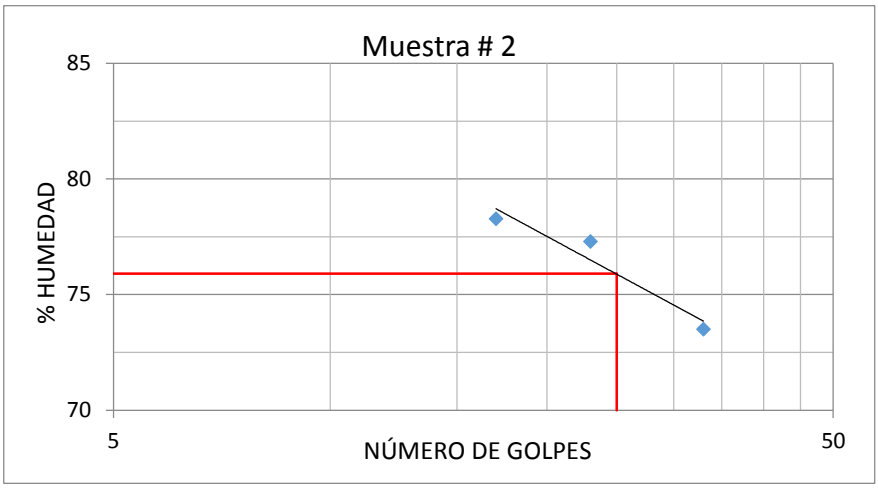
Muestra #	Tarro #	# Golpes	Peso tarro (gr)	Peso húmedo + p. tarro (gr)	Peso seco + p. tarro (gr)	w (%)	w promedio (%)
1	67	9	40.18	51.34	45.83	97.52	97.43
	25		41.53	49.66	45.65	97.33	
	70	17	42.24	52.48	47.77	85.17	85.23
	178		50.5	59.19	55.19	85.29	
	74	26	45.91	57.57	52.32	81.9	82.1
	72		44.29	55.1	50.22	82.29	
	50	35	42.89	53.39	48.85	76.17	76.64
	28		45.58	59.2	53.27	77.11	
2	143	17	39.88	48.58	44.76	78.28	78.28
	61		40.35	45.52	43.25	78.28	
	38	23	38.1	47.97	43.67	77.2	77.29
	99		46.3	60.26	54.17	77.38	
	31	25	48.4	55.15	52.11	81.94	81.77
	4		40.22	48.41	44.73	81.6	
	17	33	40.49	51.34	46.74	73.6	73.49
	35		39.2	45.91	43.07	73.39	
3	15	9	46.27	50.82	48.66	90.38	91.66
	97		46.16	52.45	49.42	92.94	
	70	13	47.62	48.51	48.09	89.36	84.68
	94		41.66	42.29	42.01	80	
	3	28	39.43	42.22	40.97	81.17	82.35
	49		41.63	47.87	45.03	83.53	
	34	30	45.63	48.54	47.23	81.88	81.89
	93		45.78	49.6	47.88	81.9	
	13	34	37.56	45.59	42.1	76.87	77.16
	92		40.94	49.12	45.55	77.44	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

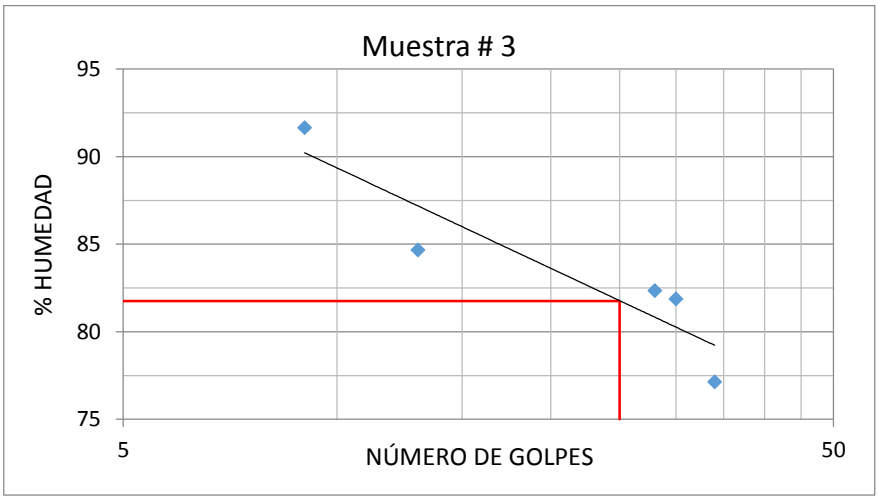
Gráficos de contenido de humedad vs número de golpes, para determinar la humedad correspondiente a los 25 golpes.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

De las gráficas, para 25 golpes se obtiene:

Muestra #	1	2	3
LL (%)	81.50	75.9	81.75

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

D.4. Límite Plástico (PL)

Resultados de los ensayos para la determinación del límite plástico de acuerdo al procedimiento D 4318 de la ASTM.

Muestra #	Tarro #	Peso tarro (gr)	Peso húmedo + p. tarro (gr)	Peso seco + p. tarro (gr)	w (%)	w promedio (%)
1	62	44.52	45.88	45.47	43.16	43.67
	80	43.24	44.48	44.1	44.19	
2	23	39.57	40.83	40.47	40.00	40.42
	39	46.10	47.40	47.02	40.85	
3	91	40.08	41.94	41.35	46.46	48.01
	74	47.50	49.25	48.67	49.57	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

D.5. Proctor Modificado

Resultados de los ensayos de compactación Proctor modificado, siguiendo el procedimiento del ensayo: ASTM D 1557 método C, o su equivalente AASHTO T 180.

Ensayo Proctor modificado para la muestra # 1.

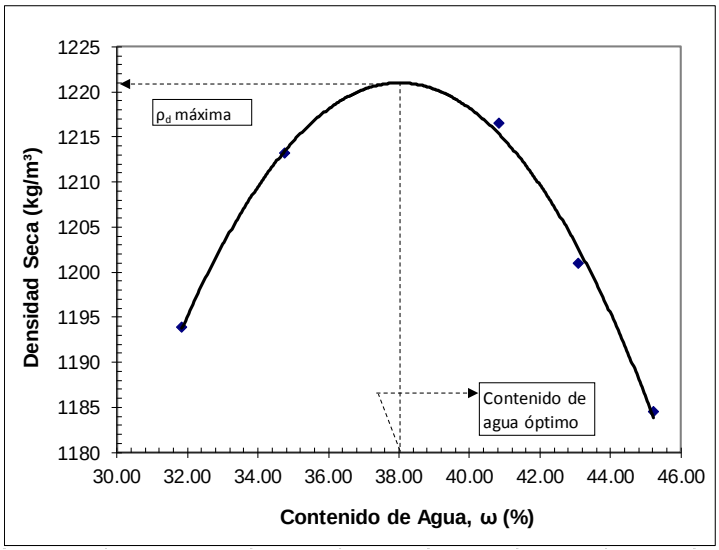
DATOS DEL MOLDE				CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO			
Ensayo:		Méodo C.		Peso Molde:	P Mol.=	6504	gr
Molde:	# =	1		Peso Martillo:	P Mart.=	4.54	kg
Diámetro:	Φ =	15.3	cm	Altura de Caida:	Hc=	45.72	cm
Longitud:	L =	11.8	cm	# de Capas:		5	capas
Area:	A =	183.85	cm²	Golpes por Capa:		56	gps
Volumen:	V =	2169.48	cm³	Material Pasante por Tamíz:		No. 4	

EJECUCIÓN DEL ENSAYO

DATOS PARA LA CURVA:					
MUESTRA #:	1	2	3	4	5
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	9919	10051	10221	10232	10236
W. SUELO HUM. (gr)	3415	3547	3717	3728	3732
HUMEDAD PROM. (%)	31.85	34.76	40.84	43.08	45.23
DENS. HUMEDA (gr/cm³)	1574	1635	1713	1718	1720
DENS. SECA (gr/cm³)	1194	1213	1217	1201	1185

CONTENIDOS DE HUMEDAD:										
MUESTRA #:	1		2		3		4		5	
CAPSULA #:	48	177	2	158	13	67	88	27	27	16
CAP. + SUELO HUM. (gr)	56.16	63.48	57.6	76.55	51.8	54.36	54.81	48.85	53.25	50.23
CAP. + SUELO SECO. (gr	52.48	59.73	54.05	69.71	49.67	50.98	50.11	45.2	48.57	46.84
PESO DE CAP. (gr)	40.89	47.99	43.98	49.75	44.45	42.71	39.31	36.64	38.76	38.91
PESO DE AGUA (gr)	3.68	3.75	3.55	6.84	2.13	3.38	4.7	3.65	4.68	3.39
PESO SUELO SECO (gr)	11.59	11.74	10.07	19.96	5.22	8.27	10.8	8.56	9.81	7.93
CONTEN. DE HUM. (%)	31.75	31.94	35.25	34.27	40.80	40.87	43.52	42.64	47.71	42.75
HUMEDAD PROM. (%)	31.85		34.76		40.84		43.08		45.23	

GRÁFICO HUMEDAD VS DENSIDAD SECA:



RESULTADOS		
Densidad Seca Máxima del Suelo		
ρ_d máx =	1221	kg/m³
Contenido de Agua Óptimo		
ωo=	38.00	%

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ensayo Proctor modificado para la muestra # 2.

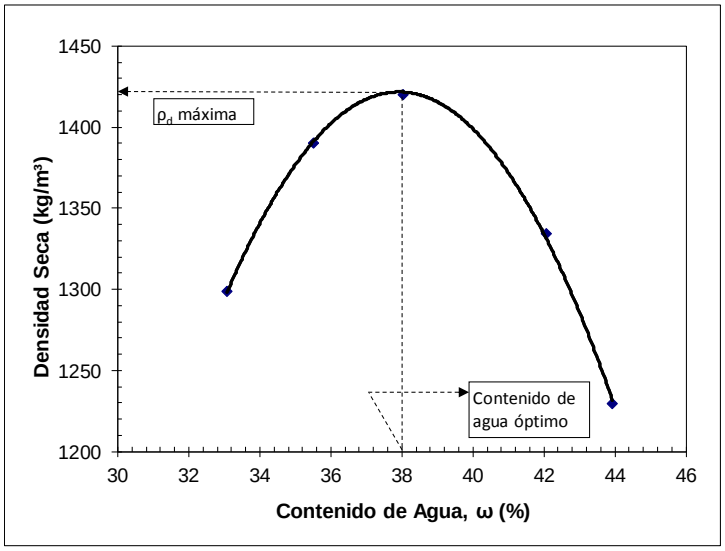
DATOS DEL MOLDE				CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO			
Ensayo:		Méodo C.		Peso Molde:	P Mol.=	6509	gr
Molde:	# =	2		Peso Martillo:	P Mart.=	4.54	kg
Diámetro:	Φ =	15	cm	Altura de Caida:	Hc=	45.72	cm
Longitud:	L =	11.6	cm	# de Capas:		5	capas
Area:	A =	176.72	cm²	Golpes por Capa:		56	gps
Volumen:	V =	2049.89	cm³	Material Pasante por Tamíz:		No. 4	

EJECUCIÓN DEL ENSAYO

DATOS PARA LA CURVA:					
MUESTRA #:	1	2	3	4	5
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	10053	10370	10528	10396	10137
W. SUELO HUM. (gr)	3544	3861	4019	3887	3628
HUMEDAD PROM. (%)	33.08	35.50	38.04	42.07	43.93
DENS. HUMEDA (gr/cm³)	1729	1884	1961	1896	1770
DENS. SECA (gr/cm³)	1299	1390	1420	1335	1230

CONTENIDOS DE HUMEDAD:										
MUESTRA #:	1		2		3		4		5	
CAPSULA #:	15	48	27	177	121	46	150	67	54	67
CAP. + SUELO HUM. (gr)	64.5	58.98	52.9	56.84	49.6	51.14	64.15	57.67	53.11	52.07
CAP. + SUELO SECO. (gr)	59.61	54.48	49.4	54.54	47.53	49.12	58.85	53.12	49.32	48.37
PESO DE CAP. (gr)	44.81	40.89	39.63	48	41.97	43.92	45.74	42.71	40.83	39.81
PESO DE AGUA (gr)	4.89	4.5	3.5	2.3	2.07	2.02	5.3	4.55	3.79	3.7
PESO SUELO SECO (gr)	14.8	13.59	9.77	6.54	5.56	5.2	13.11	10.41	8.49	8.56
CONTEN. DE HUM. (%)	33.04	33.11	35.82	35.17	37.23	38.85	40.43	43.71	44.64	43.22
HUMEDAD PROM. (%)	33.08		35.50		38.04		42.07		43.93	

GRÁFICO HUMEDAD VS DENSIDAD SECA:



RESULTADOS		
Densidad Seca Máxima del Suelo		
ρ_d máx =	1423	kg/m³
Contenido de Agua Óptimo		
ωo=	38.00	%

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ensayo Proctor modificado para la muestra # 3.

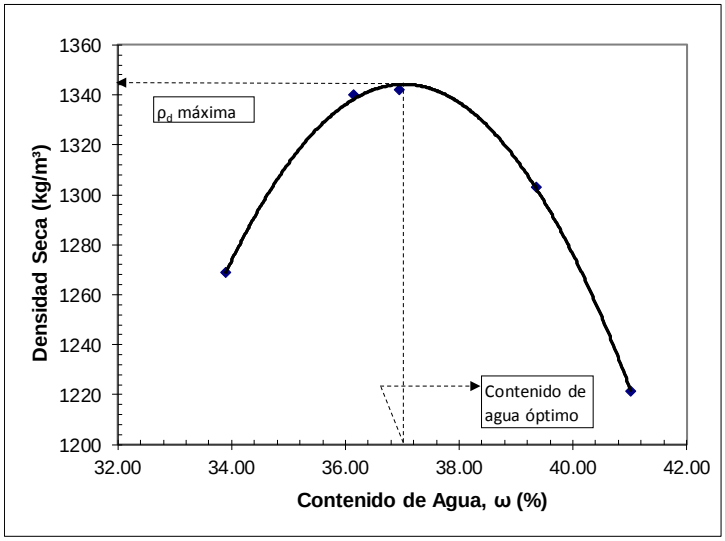
DATOS DEL MOLDE				CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO			
Ensayo:		Méodo C.		Peso Molde:	P Mol.=	6505	gr
Molde:	# =	3		Peso Martillo:	P Mart.=	4.54	kg
Diámetro:	Φ =	15.1	cm	Altura de Caida:	Hc=	45.72	cm
Longitud:	L =	11.8	cm	# de Capas:		5	capas
Area:	A =	179.08	cm²	Golpes por Capa:		56	gps
Volumen:	V =	2113.13	cm³	Material Pasante por Tamíz:		No. 4	

EJECUCIÓN DEL ENSAYO

DATOS PARA LA CURVA:					
MUESTRA #:	1	2	3	4	5
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	10095	10360	10389	10342	10145
W. SUELO HUM. (gr)	3590	3855	3884	3837	3640
HUMEDAD PROM. (%)	33.90	36.14	36.95	39.37	41.02
DENS. HUMEDA (gr/cm³)	1699	1824	1838	1816	1723
DENS. SECA (gr/cm³)	1269	1340	1342	1303	1222

CONTENIDOS DE HUMEDAD:										
MUESTRA #:	1		2		3		4		5	
CAPSULA #:	177	27	158	150	13	12	103	49	54	67
CAP. + SUELO HUM. (gr)	57.63	47.75	59.56	60.2	55.42	55.08	55.58	55.31	51.41	55.27
CAP. + SUELO SECO. (gr)	55.2	45.69	56.95	56.37	52.46	52.08	52.46	52.08	48.63	51.64
PESO DE CAP. (gr)	48	39.64	49.75	45.74	44.44	43.97	44.44	43.97	41.92	42.7
PESO DE AGUA (gr)	2.43	2.06	2.61	3.83	2.96	3	3.12	3.23	2.78	3.63
PESO SUELO SECO (gr)	7.2	6.05	7.2	10.63	8.02	8.11	8.02	8.11	6.71	8.94
CONTEN. DE HUM. (%)	33.75	34.05	36.25	36.03	36.91	36.99	38.90	39.83	41.43	40.60
HUMEDAD PROM. (%)	33.90		36.14		36.95		39.37		41.02	

GRÁFICO HUMEDAD VS DENSIDAD SECA:



RESULTADOS		
Densidad Seca Máxima del Suelo		
ρ_d máx =	1345	kg/m³
Contenido de Agua Óptimo		
ωo=	37.00	%

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

D.6. California Bearing Ratio (CBR)

Resultados del ensayo de CBR siguiendo el procedimiento del ensayo: AASHTO T 193, o su equivalente ASTM D 1883.

Ensayo de CBR para la muestra # 1.

CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:						
MOLDE #:	1		2		3	
NÚMERO DE CAPAS:	3		3		3	
NÚMERO DE GOLPES/CAPA:	56		25		10	
ESPÉCIMEN	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
W. MOL.+MUEST. HUM.(gr)	11399	11488	10964	11126	10558	10728
PESO DEL MOLDE (gr)	7468	7468	7361	7361	7514	7514
W. MUESTRA HUM. (gr)	3931	4020	3603	3765	3044	3214
VOL. DE LA MUEST. (cm^3)	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67	2316.67
DENS. HUMEDA (kg/m^3)	1697	1735	1555	1625	1314	1387
DENS. SECA (kg/m^3)	1229	1234	1125	1135	945	945

CONTENIDO DE AGUA (Antes del Remojo)						
CAPSULA #:	133	168	105	39	111	171
CAP. + MUEST. HUM. (gr)	57.88	60.11	53.82	61.04	60.27	59.88
CAP. + MUEST. SECA (gr)	44.46	46.52	42.11	47.63	46.59	45.99
PESO DEL AGUA (gr)	13.42	13.59	11.71	13.41	13.68	13.89
PESO DE LA CÁPSULA (gr)	9.68	10.33	11.58	12.40	11.39	10.58
PESO MUEST. SECA (gr)	34.78	36.19	30.53	35.23	35.20	35.41
CONTENIDO DE HUM. (%)	38.59	37.55	38.36	38.06	38.86	39.23
HUMEDAD PROM. (%)	38.07		38.21		39.04	

CONTENIDO DE AGUA (Después del Remojo)						
CAPSULA #:	16	83	43	109	137	9
CAP. + MUEST. HUM. (gr)	47.34	60.11	54.62	53.29	55.03	50.17
CAP. + MUEST. SECA (gr)	36.65	45.53	41.82	40.51	41.15	37.36
PESO DEL AGUA (gr)	10.69	14.58	12.80	12.78	13.88	12.81
PESO DE LA CÁPSULA (gr)	10.38	9.61	12.24	10.88	11.49	10.04
PESO MUEST. SECA (gr)	26.27	35.92	29.58	29.63	29.66	27.32
CONTENIDO DE HUM. (%)	40.69	40.59	43.27	43.13	46.80	46.89
HUMEDAD PROM. (%)	40.64		43.20		46.84	
AGUA ABSORBIDA (%)	2.57		4.99		7.80	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

FECHA	DÍAS EN AGUA	HORA	MOLDE #: 1				MOLDE #: 2				MOLDE #: 3			
			LECT. DIAL 0.001pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg	%	LECT. DIAL 0.001pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg	%	LECT. DIAL 0.001pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg	%
23-02-15	0	17:30	0	5.000	0.000	0.00	0	5.000	0.000	0.00	0	5.000	0.000	0.00
24-02-15	1	17:30	31	5.031	0.031	0.62	68	5.068	0.068	1.36	103	5.103	0.103	2.06
25-02-15	2	17:30	43	5.043	0.043	0.86	96	5.096	0.096	1.92	125	5.125	0.125	2.50
26-02-15	3	17:30	88	5.088	0.088	1.76	114	5.114	0.114	2.28	143	5.143	0.143	2.86
27-02-15	4	17:30	95	5.095	0.095	1.90	121	5.121	0.121	2.42	168	5.168	0.168	3.36
28-02-15	5	17:30	95	5.095	0.095	1.90	121	5.121	0.121	2.42	168	5.168	0.168	3.36

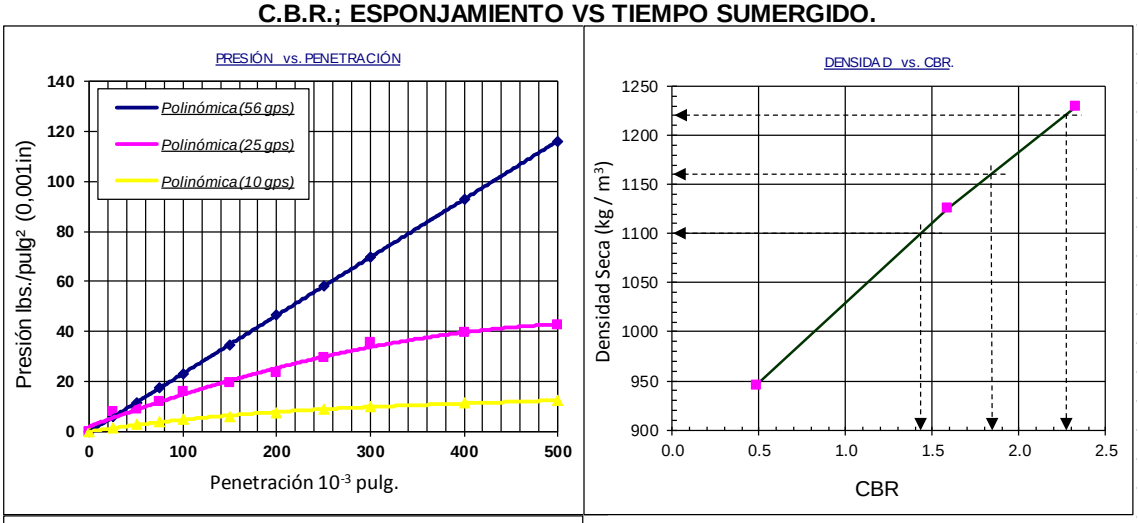
DATOS DE PENETRACIÓN

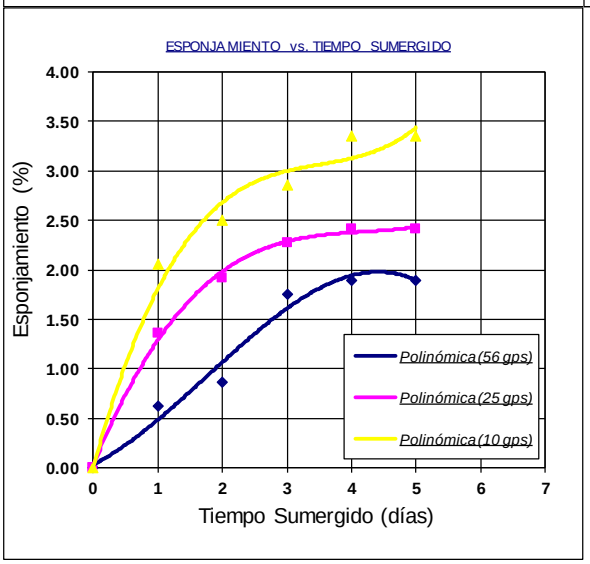
TIEMPO	PENETRACIÓN	CARGA	MOLDE #: 1					MOLDE #: 2					MOLDE #: 3				
			PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.	CARGA	PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.	CARGA	PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.
min	(0.001)"	Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²		Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²		Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	
0.0	0	0	0				0	0				0	0			
0.5	25	18	6				24	8				5	2			
1.0	50	36	12				29	9				9	3			
1.5	75	55	17				37	12				13	4			
2.0	100	73	23	23	1000	2.3	50	16	16	1000	1.6	15	5	5	1000	0.5
3.0	150	109	35				61	20				19	6			
4.0	200	146	46	46	1500	3.1	74	24	24	1500	1.6	24	8	8	1500	0.5
5.0	250	182	58				93	30				28	9			
6.0	300	219	70				111	35				32	10			
8.0	400	292	93				124	39				35	11			
10.0	500	365	116				135	43				39	12			

Φ DEL MOLDE (pulg):	6	ÁREA DEL MOLDE (pulg²):	28.27	ÁREA DEL PISTÓN (pulg²):	3.14
ALTURA DEL MOLDE (pulg):	5	VOLUMEN DEL MOLDE (pulg³):	141.37	TASA DEFORMACIÓN (mm/min):	1.27

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

MUESTRA #1 - GRÁFICOS DEL ENSAYO CBR: PRESIÓN VS PENETRACIÓN; DENSIDAD VS C.B.R.; ESPONJAMIENTO VS TIEMPO SUMERGIDO.





RESULTADOS			
Densidad Seca Máxima			
ρ_d máx =	1221	kg/m³	
C.B.R. para el 100% de ρ_d máx			
C.B.R.=	**2.27**	%	
C.B.R. para el 95% de ρ_d máx			
C.B.R.=	**1.84**	%	
C.B.R. para el 90% de ρ_d máx			
C.B.R.=	**1.42**	%	
Esponjamiento			
ESPÉCIMEN 1	1.90	%	5 Días
ESPÉCIMEN 2	2.42	%	5 Días
ESPÉCIMEN 3	3.36	%	5 Días

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ensayo de CBR para la muestra # 2.

CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:						
MOLDE #:	1		2		3	
NÚMERO DE CAPAS:	3		3		3	
NÚMERO DE GOLPES/CAPA:	56		25		10	
ESPÉCIMEN	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
W. MOL.+MUEST. HUM.(gr)	12056	12128	11564	11696	10998	11084
PESO DEL MOLDE (gr)	7468	7468	7361	7361	7514	7514
W. MUESTRA HUM. (gr)	4588	4660	4203	4335	3484	3570
VOL. DE LA MUEST. (cm^3)	2316.67	2363.47	2316.67	2377.37	2316.67	2381.08
DENS. HUMEDA (kg/m^3)	1980	1972	1814	1823	1504	1499
DENS. SECA (kg/m^3)	1429	1403	1315	1283	1092	1042

CONTENIDO DE AGUA (Antes del Remojo)						
CAPSULA #:	64	37	55	81	106	43
CAP. + MUEST. HUM. (gr)	64.21	60.87	62.11	63.44	60.81	63.22
CAP. + MUEST. SECA (gr)	49.06	47.22	48.41	49.63	47.37	48.88
PESO DEL AGUA (gr)	15.15	13.65	13.70	13.81	13.44	14.34
PESO DE LA CÁPSULA (gr)	10.06	11.67	12.53	13.04	12.11	10.39
PESO MUEST. SECA (gr)	39.00	35.55	35.88	36.59	35.26	38.49
CONTENIDO DE HUM. (%)	38.85	38.40	38.18	37.74	38.12	37.26
HUMEDAD PROM. (%)	38.62		37.96		37.69	

CONTENIDO DE AGUA (Después del Remojo)						
CAPSULA #:	121	140	16	93	67	45
CAP. + MUEST. HUM. (gr)	53.64	57.14	59.49	59.83	57.66	54.11
CAP. + MUEST. SECA (gr)	41.25	43.83	45.52	46.11	44.35	41.36
PESO DEL AGUA (gr)	12.39	13.31	13.97	13.72	13.31	12.75
PESO DE LA CÁPSULA (gr)	11.06	10.61	12.44	13.52	14.37	11.92
PESO MUEST. SECA (gr)	30.19	33.22	33.08	32.59	29.98	29.44
CONTENIDO DE HUM. (%)	41.04	40.07	42.23	42.10	44.40	43.31
HUMEDAD PROM. (%)	40.55		42.16		43.85	
AGUA ABSORBIDA (%)	1.93		4.20		6.17	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

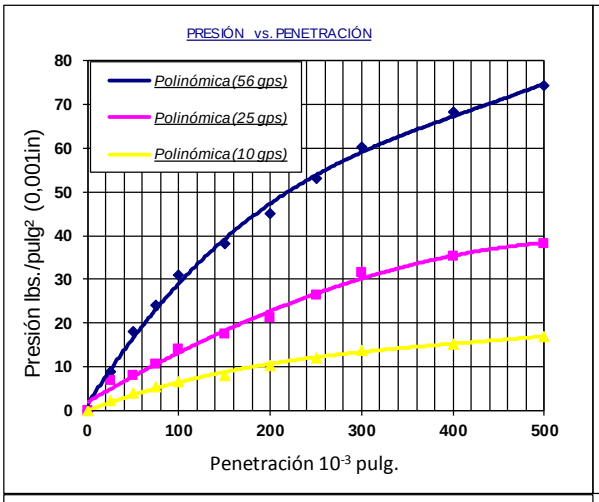
			MOLDE #: 1					MOLDE #: 2					MOLDE #: 3			
FECHA	DÍAS EN AGUA	HORA	LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO		HORA	LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO		HORA	LECT. DIAL	ALT. MUEST.	ESPONJAMIENTO	
			0.001pulg	pulg	pulg	%		0.001pulg	pulg	pulg	%		0.001pulg	pulg	pulg	%
23-02-15	0	17:30	0	5.000	0.000	0.00	17:30	0	5.000	0.000	0.00	17:30	0	5.000	0.000	0.00
24-02-15	1	17:30	25	5.025	0.025	0.50	17:30	57	5.057	0.057	1.14	17:30	91	5.091	0.091	1.82
25-02-15	2	17:30	62	5.062	0.062	1.24	17:30	103	5.103	0.103	2.06	17:30	112	5.112	0.112	2.24
26-02-15	3	17:30	89	5.089	0.089	1.78	17:30	120	5.120	0.120	2.40	17:30	130	5.130	0.130	2.60
27-02-15	4	17:30	101	5.101	0.101	2.02	17:30	131	5.131	0.131	2.62	17:30	139	5.139	0.139	2.78
28-02-15	5	17:30	101	5.101	0.101	2.02	17:30	131	5.131	0.131	2.62	17:30	139	5.139	0.139	2.78
	6															
	7															

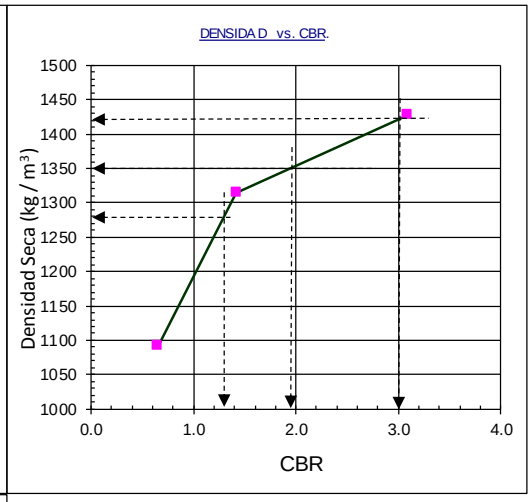
DATOS DE PENETRACIÓN

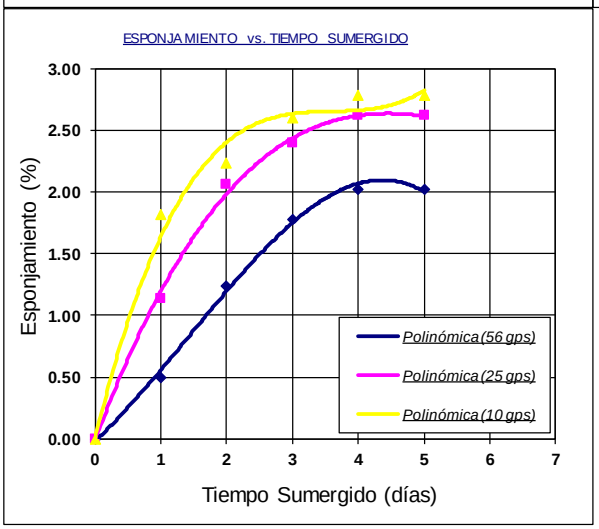
			MOLDE #: 1					MOLDE #: 2					MOLDE #: 3			
TIEMPO	PENETRACIÓN	CARGA	PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.	CARGA	PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.	CARGA	PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.
min	(0.001)"	Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²		Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²		Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	
0.0	0	0	0				0	0				0	0			
0.5	25	28	9				22	7				7	2			
1.0	50	57	18				26	8				12	4			
1.5	75	76	24				33	11				17	6			
2.0	100	97	31	31	1000	3.1	44	14	14	1000	1.4	20	7	7	1000	0.7
3.0	150	120	38				55	17				26	8			
4.0	200	141	45	45	1500	3.0	66	21	21	1500	1.4	33	10	10	1500	0.7
5.0	250	167	53				83	27				38	12			
6.0	300	189	60				99	32				43	14			
8.0	400	214	68				111	35				48	15			
10.0	500	233	74				120	38				53	17			

ϕ DEL MOLDE (pulg):	6	ÁREA DEL MOLDE (pulg^2):	28.27	ÁREA DEL PISTÓN (pulg^2):	3.14
ALTURA DEL MOLDE (pulg):	5	VOLUMEN DEL MOLDE (pulg^3):	141.37	TASA DEFORMACIÓN (mm/min):	1.27

MUESTRA # 2 - GRÁFICOS DEL ENSAYO CBR: PRESIÓN VS PENETRACIÓN; DENSIDAD VS C.B.R.; ESPONJAMIENTO VS TIEMPO SUMERGIDO.







RESULTADOS			
Densidad Seca Máxima			
ρ_d máx =	1423	kg/m³	
C.B.R. para el 100% de ρ_d máx			
C.B.R.=	**3.00**	%	
C.B.R. para el 95% de ρ_d máx			
C.B.R.=	**1.95**	%	
C.B.R. para el 90% de ρ_d máx			
C.B.R.=	**1.30**	%	

Esponjamiento			
ESPÉCIMEN 1	2.02	%	5 Días
ESPÉCIMEN 2	2.62	%	5 Días
ESPÉCIMEN 3	2.78	%	5 Días

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

Ensayo de CBR para la muestra # 3.

CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:						
MOLDE #:	1		2		3	
NÚMERO DE CAPAS:	3		3		3	
NÚMERO DE GOLPES/CAPA:	56		25		10	
ESPÉCIMEN	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
W. MOL.+MUEST. HUM.(gr)	11888	11986	11364	11536	10804	11084
PESO DEL MOLDE (gr)	7614	7614	7268	7268	7229	7229
W. MUESTRA HUM. (gr)	4274	4372	4096	4268	3575	3855
VOL. DE LA MUEST. (cm^3)	2316.67	2367.64	2316.67	2380.61	2316.67	2388.49
DENS. HUMEDA (kg/m^3)	1845	1847	1768	1793	1543	1614
DENS. SECA (kg/m^3)	1348	1323	1287	1258	1122	1113

CONTENIDO DE AGUA (Antes del Remojo)						
CAPSULA #:	108	46	73	88	144	51
CAP. + MUEST. HUM. (gr)	65.18	66.75	64.58	65.83	67.12	64.62
CAP. + MUEST. SECA (gr)	50.06	51.67	50.11	50.83	52.17	49.88
PESO DEL AGUA (gr)	15.12	15.08	14.47	15.00	14.95	14.74
PESO DE LA CÁPSULA (gr)	9.37	10.54	11.47	10.61	12.08	10.89
PESO MUEST. SECA (gr)	40.69	41.13	38.64	40.22	40.09	38.99
CONTENIDO DE HUM. (%)	37.16	36.66	37.45	37.29	37.29	37.80
HUMEDAD PROM. (%)	36.91		37.37		37.55	

CONTENIDO DE AGUA (Después del Remojo)						
CAPSULA #:	94	18	55	43	67	11
CAP. + MUEST. HUM. (gr)	51.84	58.08	59.89	61.48	44.83	49.61
CAP. + MUEST. SECA (gr)	40.25	44.64	45.72	46.11	34.35	37.36
PESO DEL AGUA (gr)	11.59	13.44	14.17	15.37	10.48	12.25
PESO DE LA CÁPSULA (gr)	10.67	11.05	12.34	10.09	11.06	10.11
PESO MUEST. SECA (gr)	29.58	33.59	33.38	36.02	23.29	27.25
CONTENIDO DE HUM. (%)	39.18	40.01	42.45	42.67	45.00	44.95
HUMEDAD PROM. (%)	39.60		42.56		44.98	
AGUA ABSORBIDA (%)	2.69		5.19		7.43	

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

DATOS DE ESPONJAMIENTO

		MOLDE #: 1					MOLDE #: 2					MOLDE #: 3				
FECHA	DÍAS EN AGUA	HORA	LECT. DIAL 0.001pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg	ESPONJAMIENTO %	HORA	LECT. DIAL 0.001pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg	ESPONJAMIENTO %	HORA	LECT. DIAL 0.001pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg	ESPONJAMIENTO %
23-02-15	0	17:30	0	5.000	0.000	0.00	17:30	0	5.000	0.000	0.00	17:30	0	5.000	0.000	0.00
24-02-15	1	17:30	38	5.038	0.038	0.76	17:30	86	5.086	0.086	1.72	17:30	102	5.102	0.102	2.04
25-02-15	2	17:30	79	5.079	0.079	1.58	17:30	115	5.115	0.115	2.30	17:30	138	5.138	0.138	2.76
26-02-15	3	17:30	102	5.102	0.102	2.04	17:30	132	5.132	0.132	2.64	17:30	148	5.148	0.148	2.96
27-02-15	4	17:30	110	5.110	0.110	2.20	17:30	138	5.138	0.138	2.76	17:30	155	5.155	0.155	3.10
28-02-15	5	17:30	110	5.110	0.110	2.20	17:30	138	5.138	0.138	2.76	17:30	155	5.155	0.155	3.10

DATOS DE PENETRACIÓN

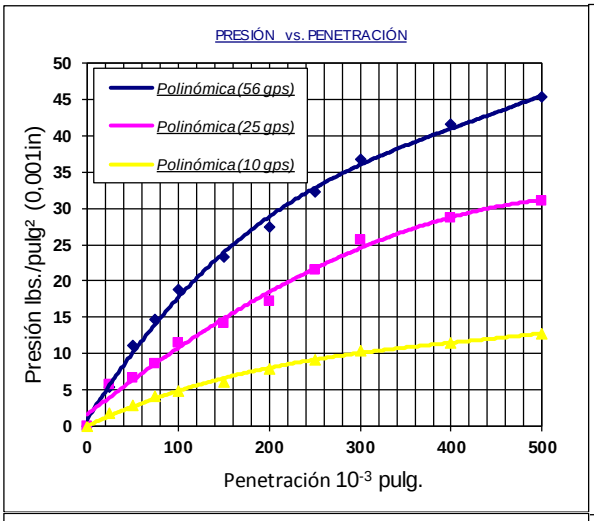
			MOLDE #: 1					MOLDE #: 2					MOLDE #: 3				
TIEMPO	PENETRACIÓN	CARGA	PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.	CARGA	PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.	CARGA	PRESIÓN	PRESIÓN CORREG	PRESIÓN ESTÁND.	C.B.R.
min	(0.001)"	Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²		Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²		Lbs	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	Lbs/pulg²	
0.0	0	0	0				0	0				0	0			
0.5	25	17	5				18	6				5	2			
1.0	50	35	11				21	7				9	3			
1.5	75	46	15				27	9				13	4			
2.0	100	59	19	19	1000	1.9	36	12	12	1000	1.2	15	5	5	1000	0.5
3.0	150	73	23				45	14				19	6			
4.0	200	86	27	27	1500	1.8	54	17	17	1500	1.1	25	8	8	1500	0.5
5.0	250	102	32				68	22				28	9			
6.0	300	115	37				81	26				33	10			
8.0	400	131	42				90	29				36	12			
10.0	500	142	45				98	31				40	13			

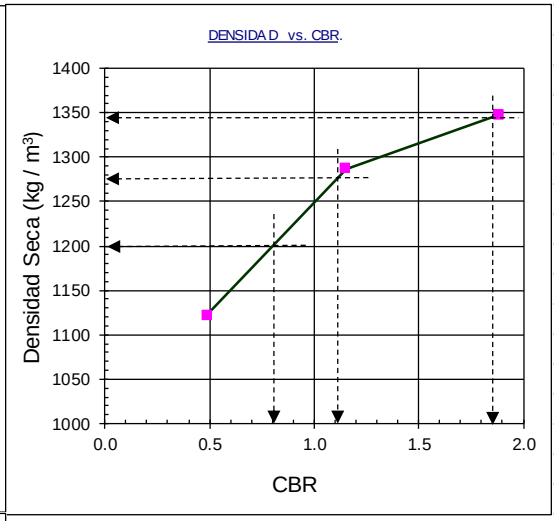
ϕ DEL MOLDE (pulg): 6 ÁREA DEL MOLDE (pulg^2): 28.27 ÁREA DEL PISTÓN (pulg^2): 3.14

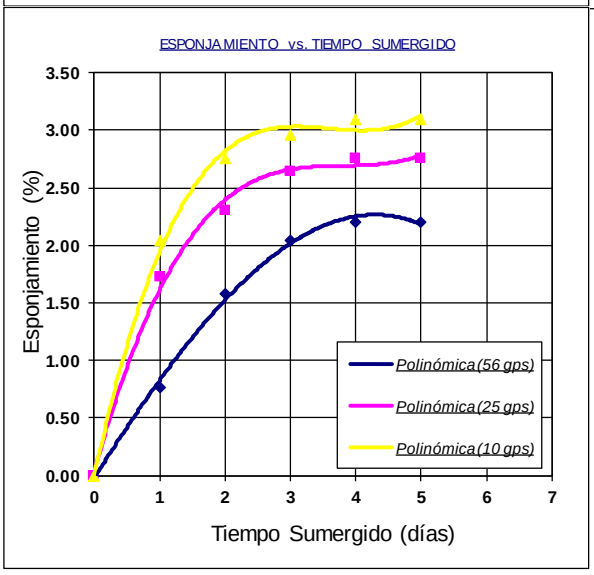
ALTURA DEL MOLDE (pulg): 5 VOLUMEN DEL MOLDE (pulg^3): 141.37 TASA DEFORMACIÓN (mm/min): 1.27

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

MUESTRA # 3 - GRÁFICOS DEL ENSAYO CBR: PRESIÓN VS PENETRACIÓN; DENSIDAD VS C.B.R.; ESPONJAMIENTO VS TIEMPO SUMERGIDO.







RESULTADOS			
Densidad Seca Máxima			
ρ_d máx =	1345	kg/m³	
C.B.R. para el 100% de ρ_d máx			
C.B.R.=	**1.85**	%	
C.B.R. para el 95% de ρ_d máx			
C.B.R.=	**1.11**	%	
C.B.R. para el 90% de ρ_d máx			
C.B.R.=	**0.71**	%	

Esponjamiento			
ESPÉCIMEN 1	2.20	%	5 Días
ESPÉCIMEN 2	2.76	%	5 Días
ESPÉCIMEN 3	3.10	%	5 Días

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

ANEXO E

SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

E.1. Sistema de Clasificación AASHTO

Prueba D 3282 de la ASTM; método AASHTO M 145

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO

Clasificación general	**Materiales granulares** (35% o menos pasa por el tamiz Nº 200)							**Materiales limo - arcilla** (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)			
	A-1			**A-2**							**A-7**
Grupo:	**A-1-a**	**A-1-b**	**A-3**	**A-2-4**	**A-2-5**	**A-2-6**	**A-2-7**	**A-4**	**A-5**	**A-6**	**A-7-5 * A-7-6 ****
Porcentaje que pasa:											
Nº 10 (2mm)	50 máx	-	-			-				-	
Nº 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín			-				-	
Nº 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx			35 máx				36 min	
Características de la fracción que pasa por el tamiz Nº 40											
Límite líquido	-		-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subrasantes	Excelente a bueno							Pobre a malo			

(1): No plástico

* Para A-7-5, PI ≤ LL - 30

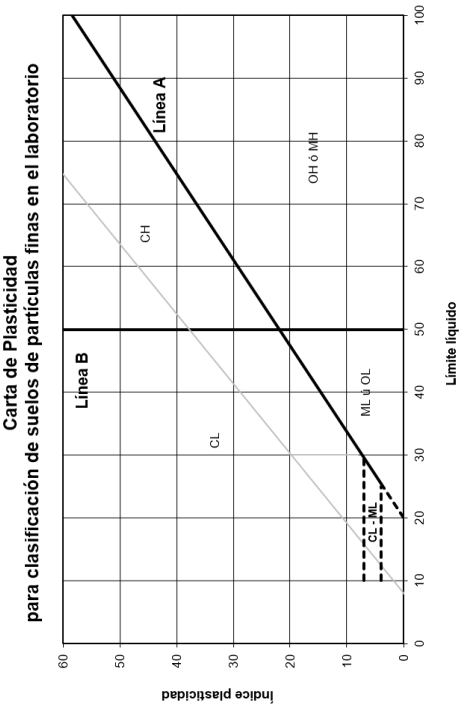
** Para A-7-6, PI > LL - 30

Fuente: Das, B. M. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. California State University, Sacramento: International Thomson Editores, S.A.

E.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Prueba D-2487 de la ASTM.

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos de grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO (Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200)	GRAVAS (Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm))	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:	$Cu=D_{60}/D_{10}>4$ $Cc=(D30)^2/D_{10}xD_{60}$ entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
	ARENAS (Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm))	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	<5%->GW, GP, SW, SP.		
					>12%->GM, GC, SM, SC.	$Cu=D_{60}/D_{10}>6$ $Cc=(D30)^2/D_{10}xD_{60}$ entre 1 y 3	
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
					5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.		
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	
		(apreciable cantidad de finos)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
SUELOS DE GRANO FINO (Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200)	Limos y arcillas: (Límite líquido menor de 50)		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.			
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.			
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
	Limos y arcillas: (Límite líquido mayor de 50)		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
Suelos altamente orgánicos			Pt	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			



Fuente: Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de PAVIMENTOS* (3ra ed., Vol. 1). Bogotá,D.C.: Agora Editores.

ANEXO F
FACTORES DE EQUIVALENCIA

F.1. Factores de Equivalencia de Carga para Pavimentos Flexibles, Ejes Simples y p_t de 2.0.

Axle Load (kips)	Pavement Structural Number (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	0002	0002	0002	0002	0002	0002
4	002	003	002	002	002	002
6	009	.012	011	010	009	009
8	030	035	036	033	031	029
10	075	085	090	085	079	076
12	165	177	189	183	174	168
14	325	338	354	350	338	331
16	589	598	613	612	603	596
18	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00	1 00
20	1 61	1 59	1 56	1 55	1 57	1 59
22	2 49	2 44	2 35	2 31	2 35	2 41
24	3 71	3 62	3 43	3 33	3 40	3 51
26	5.36	5 21	4 88	4 68	4 77	4 96
28	7 54	7 31	6 78	6 42	6 52	6 83
30	10 4	10 0	9 2	8 6	8 7	9 2
32	14 0	13 5	12 4	11 5	11 5	12 1
34	18 5	17 9	16 3	15 0	14 9	15 6
36	24 2	23 3	21 2	19 3	19 0	19 9
38	31 1	29 9	27 1	24 6	24 0	25 1
40	39 6	38 0	34 3	30 9	30 0	31 2
42	49 7	47 7	43 0	38 6	37 2	38 5
44	61 8	59 3	53 4	47 6	45 7	47 1
46	76 1	73 0	65 6	58 3	55 7	57 0
48	92 9	89 1	80 0	70 9	67 3	68 6
50	113	108	97	86	81	82

Fuente: AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials.

ANEXO G
ANÁLISIS HIDROLÓGICO

G.1. Porcentaje de lluvia caída en un tiempo t con relación al 100% caído en 24 horas.

t (min)	Lluvia (%) E. Pichilingue	t (min)	Lluvia (%) E. Pichilingue	t (min)	Lluvia (%) E. Pichilingue	t (min)	Lluvia (%) E. Pichilingue
5	7.73	55	45.69	180	71.36	600	90.14
10	14.2	60	47.69	185	71.88	720	92.38
15	19.72	70	51.23	210	74.22	840	94.19
20	24.48	80	54.27	240	76.58	960	95.7
25	28.63	90	56.93	270	78.57	1080	96.99
30	32.3	100	59.26	300	80.28	1200	98.11
35	35.56	110	61.34	360	83.11	1320	99.11
40	38.48	120	63.2	420	85.36	1440	100
45	41.11	140	66.41	480	87.21		
50	43.51	160	69.09	540	88.78		

Fuente: PROMAS-Universidad de Cuenca. (2014a). *PACALORI - Climatología - Hidrología - Sedimentología y Balance Hídrico* (Vol. Tomo 3).

G.2. Descripción de parámetros para la modelación de una cuenca con el programa HEC-HMS.

SUBBASIN (CUENCA)		
Área (km^2)	Área	Superficie de la cuenca
Loss Method	Método de Pérdidas	SCS Curve Number: Separa la Pneta de la Ptotal
Transform Method	Método de Transformación	SCS Unit Hydrograph: Convertir la Pneta en Escorrentía
Baseflow Method	Método del Flujo Base	Recesión: Suma el caudal base al Hidrograma Resultante
LOSS (PÉRDIDAS)		
Initial Abstraction (mm)	Abstracciones Iniciales	Ia: Representa el 20% de la Retención Potencial Máxima (S)
Curve Number	Número de Curva	CN
Impervios (%)	Impermeabilidad	Rango entre (0 a 5)%: Para un valor de 5% indica ser muy impermeable (Roca)
TRANSFORM (HIDROGRAMA)		
Graph Type	Tipo de Gráfico	Standard: Aplicable para cualquier área. Delmarva: Áreas planas con excesiva precipitación.
Lag Time (mim)	Tiempo de Retardo	tr
BASEFLOW (FLUJO BASE)		
Initial Discharge (m^3/s)	Descarga Inicial	Caudal Base
Recession Constant	Constante de Recesión	Disminución del Caudal Base cada día. El rango de valores comprende de (0.1-0.99)
Threshold Type	Umbral de escurrimiento	Ratio to Peak: Caudal Umbral a partir del cual el programa comienza a computar una nueva recesión
Ratio	Proporción	Referente al Ratio to Peak. Rango entre 0 y 1. Ej: 0.1=10% del Caudal de Punta

Fuente: Centeno Dávila, M. (2015). *Análisis Hidrológico-Hidráulico para los Puentes en Zonas de Inundación Generadas por el Proyecto "PACALORI".* Universidad de Cuenca.

G.3. Determinación del Coeficiente de Escorrentía "C".

Cobertura Vegetal	Tipo Suelo	Coeficiente de Escorrentía C Pendiente del Terreno				
		Pronunciada 50%	Alta 20%	Media 5%	Suave 1%	Despreciable
Sin Vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, Vegetación Ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, Grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques, Vegetación Densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.12	0.10	0.05

Fuente: Ministerio de Obras Públicas. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.

G.4. Número de Curva de Escorrentía para Suelos Agrícolas, (condiciones antecedentes de humedad II, I_a = 0.2S).

Cover Description			CN for hydrologic soil group			
Cover Type	Treatment	Hydrologic Condition	A	B	C	D
Fallow	Bare Soil	- - -	77	86	91	94
	Crop residue cover (CR)	Poor	76	85	90	93
		Good	74	83	88	90
Row crops	Straight row (SR)	Poor	72	81	88	91
		Good	67	78	85	89
	SR + CR	Poor	71	80	87	90
		Good	64	75	82	85
	Contoured (C)	Poor	70	79	84	88
		Good	65	75	82	86
	C + CR	Poor	69	78	83	87
		Good	64	74	81	85
	Contoured & terraced (C & T)	Poor	66	74	80	82
		Good	62	71	78	81
	C & T + CR	Poor	65	73	79	81
		Good	61	70	77	80
Small grain	SR	Poor	65	76	84	88
		Good	63	75	83	87
	SR + CR	Poor	64	75	83	86
		Good	60	72	80	84
	C	Poor	63	74	82	85
		Good	61	73	81	84
	C + CR	Poor	62	73	81	84
		Good	60	72	80	83
	C & T	Poor	61	72	79	82
		Good	59	70	78	81
	C & T + CR	Poor	60	71	78	81
		Good	58	69	77	80
Close-seeded or broadcast legumes or rotation meadow	SR	Poor	66	77	85	89
		Good	58	72	81	85
	C	Poor	64	75	83	85
		Good	55	69	78	83
	C & T	Poor	63	73	80	83
		Good	51	67	76	80
Pasture, grassland, or range-continuous forage for grazing		Poor	68	79	86	89
		Fair	49	69	79	84
		Good	39	61	74	80
Meadow-continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay		Good	30	58	71	78
Brush-brush-forbs-grass mixture with brush the major element		Poor	48	67	77	83
		Fair	35	56	70	77
		Good	30	48	65	73
Woods-grass combination (orchard or tree farm)		Poor	57	73	82	86
		Fair	43	65	76	82
		Good	32	58	72	79
Woods		Poor	45	66	77	83
		Fair	36	60	73	79
		Good	30	55	70	77
Farmstead-buildings, lanes, driveways, and surrounding lots		- - -	59	74	82	86
Roads (including right-of-way):						
Dirt		- - -	72	82	87	89
Gravel		- - -	76	85	89	91

Fuente: Natural Resources Conservation Service. (2004). Chapter 9: Hydrologic Soil-Cover Complex. En *National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology*.

ANEXO H

DISEÑO HIDRÁULICO DE CUNETAS

H.1. Diseño de las cunetas para las vías 40V_LCH2_1 y 91V_LCH2_1.

Diseño de Cunetas - Vía 40V_LCH2_1

Cuneta	Caudal áreas de aporte						Caudal que escurre la vía							Caudal Cuneta			
	Área Aporte (m^2)	Tc (min)	I_{TR} (mm/h)	C	Q áreas (m^3/s)	(l/s)	Inicio Tramo	Fin Tramo	Ancho Carril (m)	Q unitario ($m^3/s/m$)	Longitud Tramo (m)	Q vía (m^3/s)	(l/s)	G (m/m)	y (m)	v (m/s)	Q total (l/s)
Izq.	309.3	5.0	178.0	0.5	0.01	7.6	0+036.66	0+000.00	2	9.887E-05	36.66	0.0036	3.6	0.005	0.13	0.62	11.3
	32.4	5.0	178.0	0.5	0.00	0.8											
	14.9	5.0	178.0	0.5	0.00	0.4	0+036.66	0+289.17	2	9.887E-05	252.51	0.0250	25.0	0.070	0.13	2.34	44.6
	746.9	5.0	178.0	0.5	0.02	18.5											
	88.8	5.0	178.0	0.5	0.00	2.2	0+360.51	0+289.17	2	9.887E-05	71.34	0.0071	7.1	0.074	0.07	1.61	9.2
	88.8	5.0	178.0	0.5	0.00	2.2	0+360.51	0+396.46	2	9.887E-05	35.95	0.0036	3.6	0.023	0.08	0.92	5.7
Der.	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0	0+036.66	0+000.00	2	9.887E-05	36.66	0.0036	3.6	0.005	0.09	0.46	3.6
	1247.8	5.0	178.0	0.5	0.03	30.8											
	102.5	5.0	178.0	0.5	0.00	2.5	0+036.66	0+289.17	2	9.887E-05	252.51	0.0250	25.0	0.070	0.15	2.50	58.3
	162.0	5.0	178.0	0.5	0.00	4.0	0+360.51	0+289.17	2	9.887E-05	71.34	0.0071	7.1	0.074	0.08	1.69	11.1
	380.5	5.0	178.0	0.5	0.01	9.4	0+360.51	0+396.46	2	9.887E-05	35.95	0.0036	3.6	0.023	0.10	1.13	13.0

Diseño de Cunetas - Vía 91V_LCH2_1

Cuneta	Caudal áreas de aporte						Caudal que escurre la vía							Caudal Cuneta			
	Área Aporte (m^2)	Tc (min)	I_{TR} (mm/h)	C	Q áreas (m^3/s)	(l/s)	Inicio Tramo	Fin Tramo	Ancho Carril (m)	Q unitario ($m^3/s/m$)	Longitud Tramo (m)	Q vía (m^3/s)	(l/s)	G (m/m)	y (m)	v (m/s)	Q total (l/s)
Izq.	835.0	5.0	178.0	0.5	0.02	20.6	0+098.57	0+000.00	2	9.887E-05	98.57	0.0097	9.7	0.018	0.15	1.28	30.4
	106.9	5.0	178.0	0.5	0.00	2.6	0+098.57	0+190.29	2	9.887E-05	91.72	0.0091	9.1	0.010	0.12	0.81	11.7
Der.	551.8	5.0	178.0	0.5	0.01	13.6	0+098.57	0+000.00	2	9.887E-05	98.57	0.0097	9.7	0.018	0.14	1.20	23.4
	63.6	5.0	178.0	0.5	0.00	1.6											
	2121.0	5.0	178.0	0.5	0.05	52.4	0+098.57	0+190.29	2	9.887E-05	91.72	0.0091	9.1	0.010	0.22	1.23	63.1

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

H.2. Diseño de las cunetas para las vías 93V_LCH2_1 y 37V_LCH2_2.

Diseño de Cunetas - Vía 93V_LCH2_1

Cuneta	Caudal áreas de aporte						Caudal que escurre la vía							Caudal Cuneta		
	Área Aporte	Tc	I_{TR}	C	Q áreas		Inicio Tramo	Fin Tramo	Ancho Carril	Q unitario	Longitud Tramo	Q vía		G	y	v	Q total
	(m^2)	(min)	(mm/h)		(m^3/s)	(l/s)			(m)	($m^3/s/m$)	(m)	(m^3/s)	(l/s)	(m/m)	(m)	(m/s)	(l/s)
Izq.	701.2	5.0	178.0	0.5	0.02	17.3	0+000.00	0+107.23	2	9.887E-05	107.23	0.0106	10.6	0.070	0.11	2.05	27.9
	813.4	5.0	178.0	0.5	0.02	20.1	0+213.85	0+107.23	2	9.887E-05	106.62	0.0105	10.5	0.064	0.12	2.06	30.6
Der.	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0	0+000.00	0+107.23	2	9.887E-05	107.23	0.0106	10.6	0.018	0.10	0.98	10.6
	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0	0+213.85	0+107.23	2	9.887E-05	106.62	0.0105	10.5	0.010	0.11	0.79	10.5

Diseño de Cunetas - Vía 37V_LCH2_2

Cuneta	Caudal áreas de aporte						Caudal que escurre la vía							Caudal Cuneta		
	Área Aporte	Tc	I_{TR}	C	Q áreas		Inicio Tramo	Fin Tramo	Ancho Carril	Q unitario	Longitud Tramo	Q vía		G	y	v	Q total
	(m^2)	(min)	(mm/h)		(m^3/s)	(l/s)			(m)	($m^3/s/m$)	(m)	(m^3/s)	(l/s)	(m/m)	(m)	(m/s)	(l/s)
Izq.	92.9	5.0	178.0	0.5	0.00	2.3	0+000.00	0+118.19	2	9.887E-05	118.19	0.0117	11.7	0.070	0.09	1.75	14.0
	92.9	5.0	178.0	0.5	0.00	2.3	0+308.29	0+118.19	2	9.887E-05	190.1	0.0188	18.8	0.079	0.10	2.03	21.1
	2858.9	5.0	178.0	0.5	0.07	70.7	0+308.29	0+505.00	2	9.887E-05	196.71	0.0194	19.4	0.054	0.18	2.53	90.1
	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0	0+505.00	0+666.25	2	9.887E-05	161.25	0.0159	15.9	0.054	0.10	1.64	15.9
	8720.8	5.0	178.0	0.5	0.22	215.6	0+919.73	0+666.25	2	9.887E-05	253.48	0.0251	25.1	0.090	0.29	4.42	388.0
	5964.1	5.0	178.0	0.5	0.15	147.4											
Der.	3789.0	5.0	178.0	0.5	0.09	93.7	0+000.00	0+118.19	2	9.887E-05	118.19	0.0117	11.7	0.070	0.19	2.90	105.3
	4264.0	5.0	178.0	0.5	0.11	105.4	0+308.29	0+118.19	2	9.887E-05	190.1	0.0188	18.8	0.079	0.19	3.17	124.2
	532.8	5.0	178.0	0.5	0.01	13.2	0+308.29	0+400.00	2	9.887E-05	91.71	0.0091	9.1	0.054	0.11	1.78	22.2
	4020.4	5.0	178.0	0.5	0.10	99.4											
	116.1	5.0	178.0	0.5	0.00	2.9	0+400.00	0+666.25	2	9.887E-05	266.25	0.0263	26.3	0.054	0.21	2.77	128.6
	385.6	5.0	178.0	0.5	0.01	9.5	0+840.00	0+666.25	2	9.887E-05	173.75	0.0172	17.2	0.090	0.11	2.26	26.7
	34.6	5.0	178.0	0.5	0.00	0.9	0+919.73	0+840.00	2	9.887E-05	79.73	0.0079	7.9	0.012	0.10	0.80	8.7

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

H.3. Diseño de las cunetas para las vías 101V_AGT_1 y 126V_AGT_2.

Diseño de Cunetas - Vía 101V_AGT_1

Cuneta	Caudal áreas de aporte						Caudal que escurre la vía								Caudal Cuneta		
	Área Aporte	Tc	I_{TR}	C	Q áreas		Inicio Tramo	Fin Tramo	Ancho Carril	Q unitario	Longitud Tramo	Q vía		G	y	v	Q total
	(m^2)	(min)	(mm/h)		(m^3/s)	(l/s)			(m)	($m^3/s/m$)	(m)	(m^3/s)	(l/s)	(m/m)	(m)	(m/s)	(l/s)
Izq.	3862.8	5.0	178.0	0.5	0.10	95.5	0+100.95	0+000.00	2	9.887E-05	100.95	0.0100	10.0	0.011	0.26	1.45	105.5
	1187.7	5.0	178.0	0.5	0.03	29.4	0+100.95	0+330.00	2	9.887E-05	229.05	0.0226	22.6	0.010	0.21	1.17	52.0
	86.4	5.0	178.0	0.5	0.00	2.1	0+330.00	0+434.37	2	9.887E-05	104.37	0.0103	10.3	0.010	0.12	0.82	12.5
	410.3	5.0	178.0	0.5	0.01	10.1	0+695.81	0+434.37	2	9.887E-05	261.44	0.0258	25.8	0.005	0.21	0.85	40.4
	178.7	5.0	178.0	0.5	0.00	4.4											
	43.9	5.0	178.0	0.5	0.00	1.1	0+695.81	0+764.27	2	9.887E-05	68.46	0.0068	6.8	0.030	0.08	1.11	7.9
	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0	0+775.14	0+764.27	2	9.887E-05	10.87	0.0011	1.1	0.006	0.05	0.37	1.1
Der.	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0	0+100.95	0+000.00	2	9.887E-05	100.95	0.0100	10.0	0.011	0.11	0.81	10.0
	446.1	5.0	178.0	0.5	0.01	11.0	0+100.95	0+245.00	2	9.887E-05	144.05	0.0142	14.2	0.010	0.16	0.98	25.3
	24.3	5.0	178.0	0.5	0.00	0.6	0+245.00	0+434.37	2	9.887E-05	189.37	0.0187	18.7	0.010	0.14	0.92	19.3
	1487.9	5.0	178.0	0.5	0.04	36.8	0+695.81	0+434.37	2	9.887E-05	261.44	0.0258	25.8	0.005	0.25	0.95	62.6
	23.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.6											
	698.0	5.0	178.0	0.5	0.02	17.3	0+695.81	0+764.27	2	9.887E-05	68.46	0.0068	6.8	0.030	0.13	1.47	24.6
	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0	0+775.14	0+764.27	2	9.887E-05	10.87	0.0011	1.1	0.006	0.05	0.37	1.1

Diseño de Cunetas - Vía 126V_AGT_2

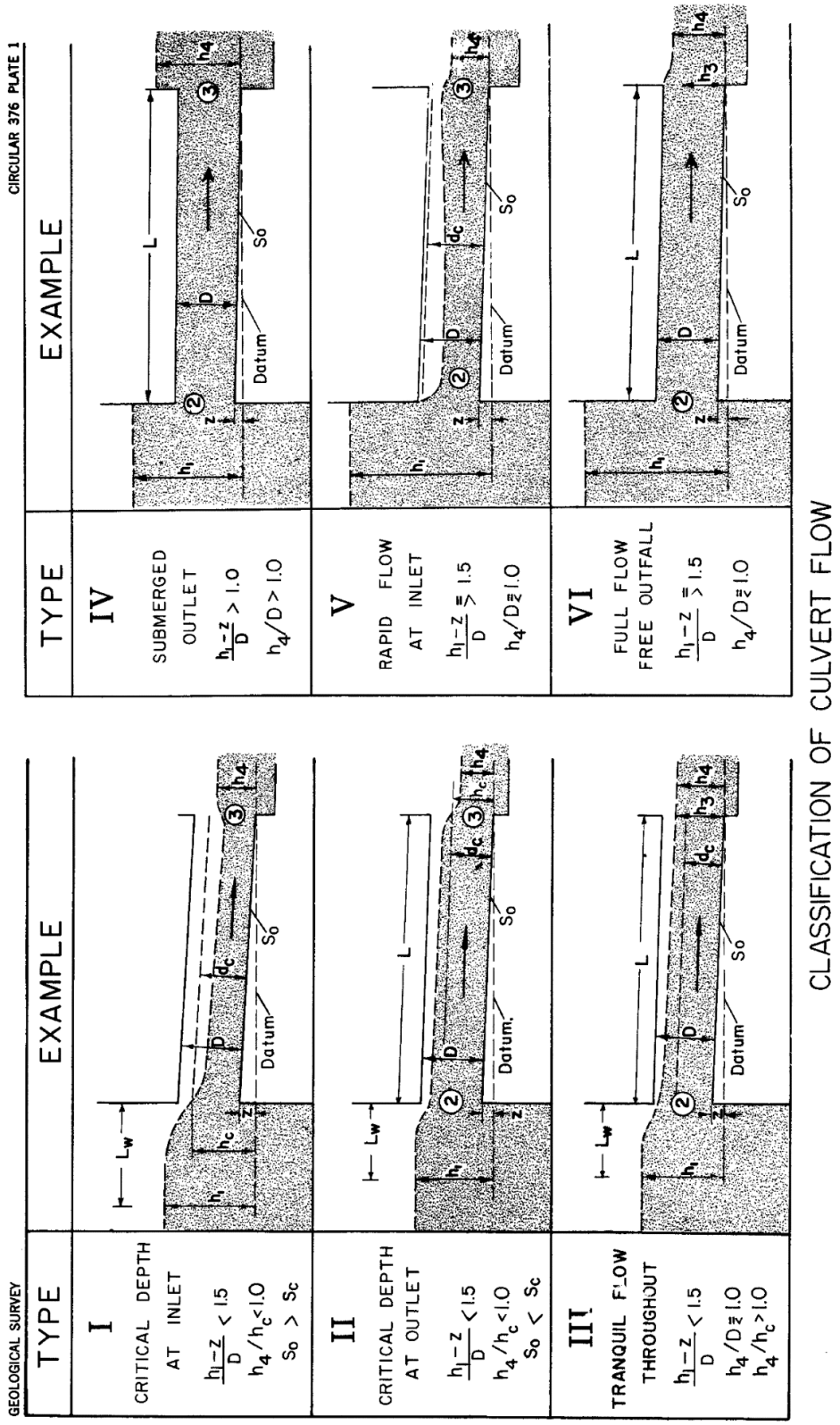
Cuneta	Caudal áreas de aporte						Caudal que escurre la vía								Caudal Cuneta		
	Área Aporte	Tc	I_{TR}	C	Q áreas		Inicio Tramo	Fin Tramo	Ancho Carril	Q unitario	Longitud Tramo	Q vía		G	y	v	Q total
	(m^2)	(min)	(mm/h)		(m^3/s)	(l/s)			(m)	($m^3/s/m$)	(m)	(m^3/s)	(l/s)	(m/m)	(m)	(m/s)	(l/s)
Izq.	1468.7	5.0	178.0	0.5	0.04	36.3	0+054.65	0+000.00	2	9.887E-05	54.65	0.0054	5.4	0.005	0.22	0.86	41.7
	4710.3	5.0	178.0	0.5	0.12	116.4	0+054.65	0+138.77	2	9.887E-05	84.12	0.0083	8.3	0.038	0.22	2.41	124.7
	3606.3	5.0	178.0	0.5	0.09	89.1	0+227.48	0+138.77	2	9.887E-05	88.71	0.0088	8.8	0.011	0.26	1.42	97.9
	1150.7	5.0	178.0	0.5	0.03	28.4	0+227.48	0+254.92	2	9.887E-05	27.44	0.0027	2.7	0.005	0.19	0.80	31.2
Der.	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0	0+054.65	0+000.00	2	9.887E-05	54.65	0.0054	5.4	0.005	0.10	0.51	5.4
	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0	0+054.65	0+138.77	2	9.887E-05	84.12	0.0083	8.3	0.038	0.08	1.22	8.3
	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0	0+227.48	0+138.77	2	9.887E-05	88.71	0.0088	8.8	0.011	0.10	0.78	8.8
	0.0	5.0	178.0	0.5	0.00	0.0	0+227.48	0+254.92	2	9.887E-05	27.44	0.0027	2.7	0.005	0.08	0.43	2.7

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

ANEXO I

DISEÑO HIDRÁULICO DE ALCANTARILLAS

I.1. Clasificación del tipo de flujo en una alcantarilla.



Fuente: Carter, R. W. (1957). *Computation of Peak Discharge at Culverts* (Geological Survey Circular 376). Washington, D.C.: Geological Survey.

I.2. Coeficiente de pérdidas en la entrada.

Outlet Control, Full or Partly Full Entrance Head Loss

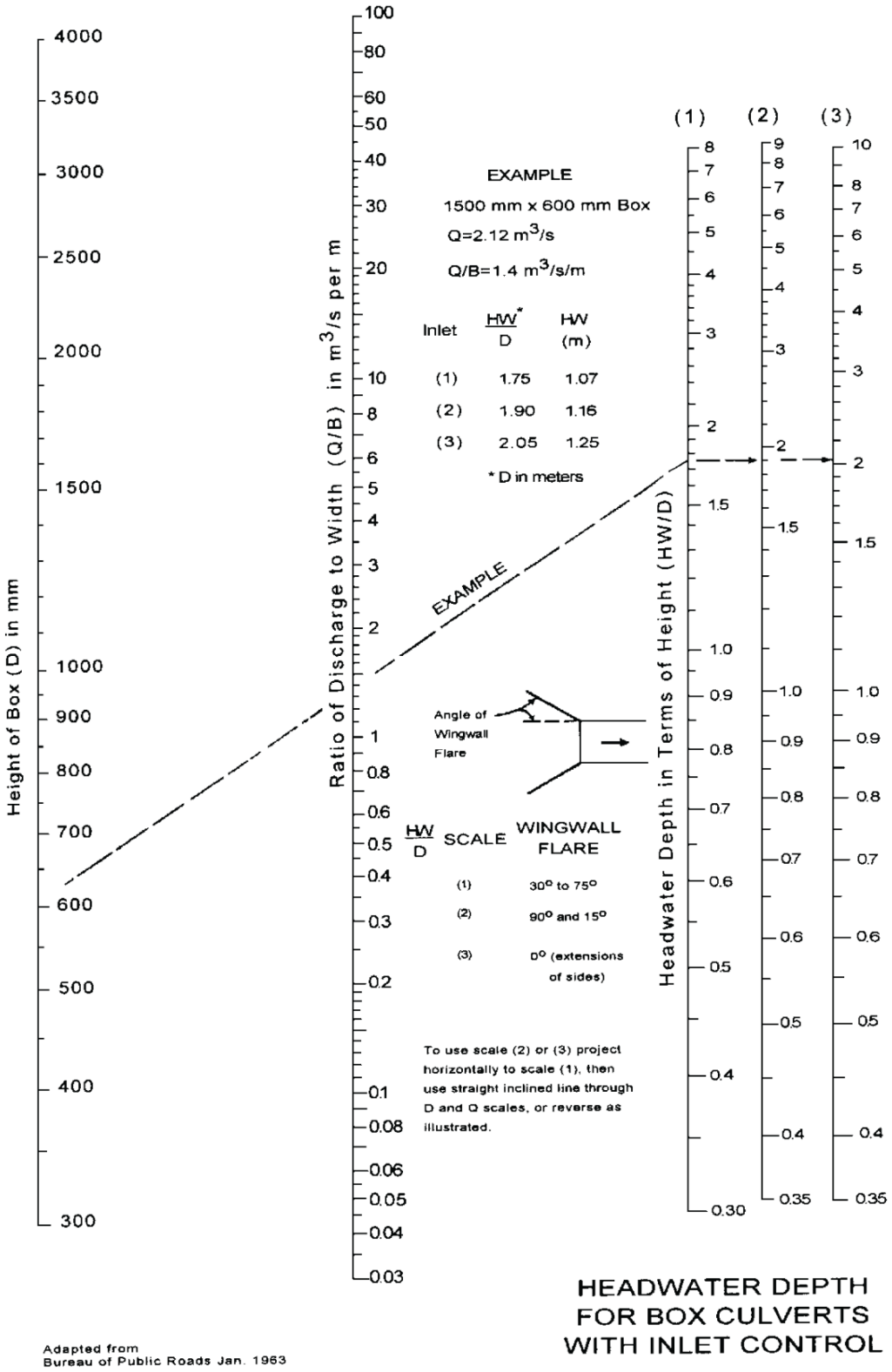
$$H_e = K_e\left[\frac{V^2}{2g}\right]$$

Type of Structure and Design of Entrance	Coefficient K_e
• Pipe, Concrete	
Projecting from fill, socket end (groove-end)	0.2
Projecting from fill, sq. cut end	0.5
Headwall or headwall and wingwalls	
Socket end of pipe (groove-end	0.2
Square-edge	0.5
Rounded (radius = D/12	0.2
Mitered to conform to fill slope	0.7
*End-Section conforming to fill slope	0.5
Beveled edges, 33.7^0 or 45^0 bevels	0.2
Side- or slope-tapered inlet	0.2
• Pipe. or Pipe-Arch. Corrugated Metal	
Projecting from fill (no headwall)	0.9
Headwall or headwall and wingwalls square-edge	0.5
Mitered to conform to fill slope, paved or unpaved slope	0.7
*End-Section conforming to fill slope	0.5
Beveled edges, 33.7^0 or 45^0 bevels	0.2
Side- or slope-tapered inlet	0.2
• Box, Reinforced Concrete	
Headwall parallel to embankment (no wingwalls)	
Square-edged on 3 edges	0.5
Rounded on 3 edges to radius of D/12 or B/12 or beveled edges on 3 sides	0.2
Wingwalls at 30^0 to 75^0 to barrel	
Square-edged at crown	0.4
Crown edge rounded to radius of D/12 or beveled top edge	0.2
Wingwall at 10^0 to 25^0 to barrel	
Square-edged at crown	0.5
Wingwalls parallel (extension of sides)	
Square-edged at crown	0.7
Side- or slope-tapered inlet	0.2

*Note: "End Sections conforming to fill slope," made of either metal or concrete, are the sections commonly available from manufacturers. From limited hydraulic tests they are equivalent in operation to a headwall in both inlet and outlet control. Some end sections, incorporating a closed taper in their design have a superior hydraulic performance. These latter sections can be designed using the information given for the beveled inlet.

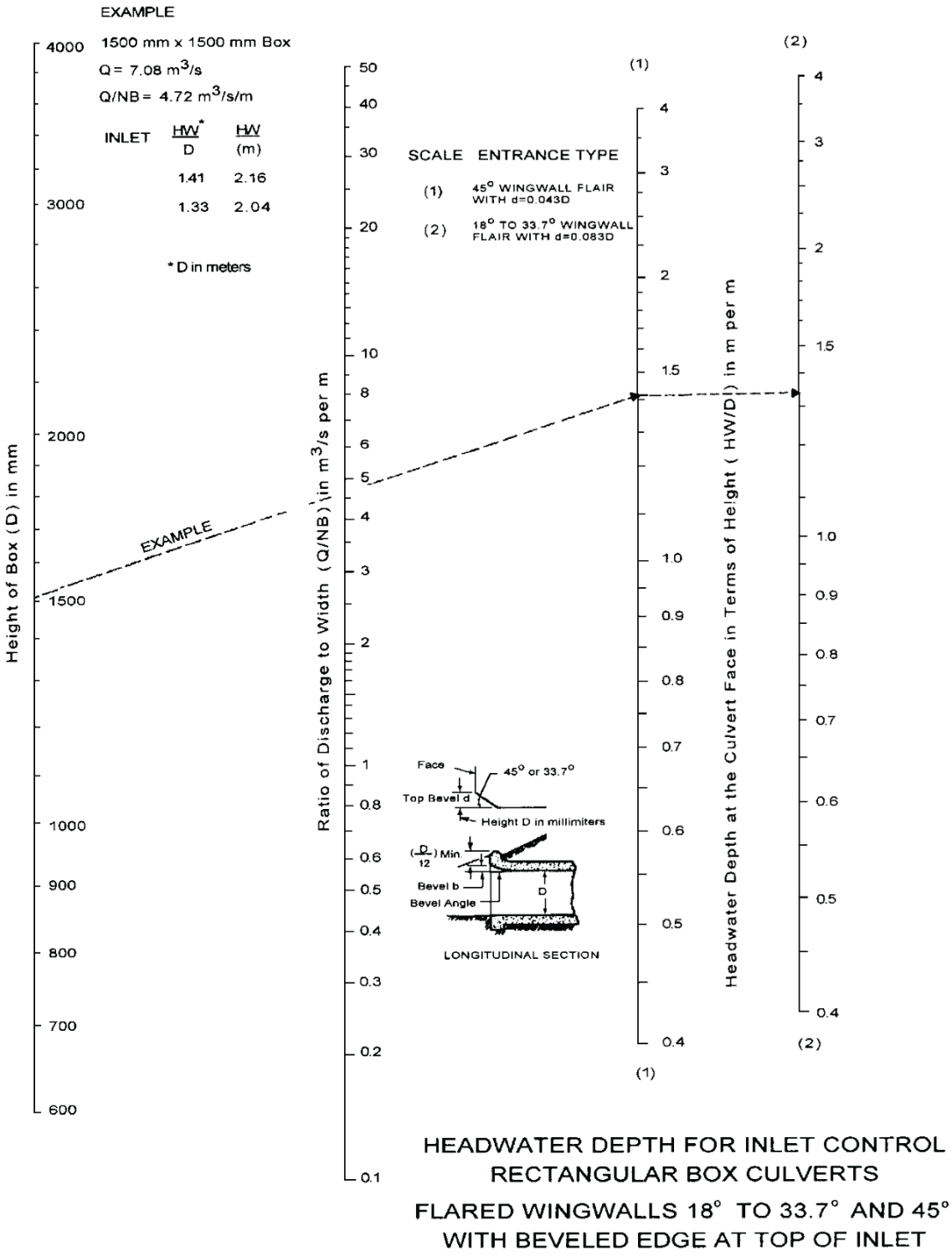
Fuente: Federal Highway Administration-US Department of Transportation. (2012). *Hydraulic Design of Highway Culverts* (3ra ed., Vol. HDS 5). Washington, D.C.

I.3. Nomograma para el cálculo con control de entrada para alcantarillas rectangulares con entrada tipo ala.



Fuente: Federal Highway Administration-US Department of Transportation. (2012). *Hydraulic Design of Highway Culverts* (3ra ed., Vol. HDS 5). Washington, D.C.

I.4. Nomograma para el cálculo con control de entrada para alcantarillas rectangulares con entrada tipo ala y borde superior biselado en la entrada.



Fuente: Federal Highway Administration-US Department of Transportation. (2012). *Hydraulic Design of Highway Culverts* (3ra ed., Vol. HDS 5). Washington, D.C.

ANEXO J

ESTRUCTURAS EXISTENTES (ALCANTARILLAS)

J.1. Fotografía de la alcantarilla existente ubicada en la abscisa 0+988.50 de la vía 9T_LCH2_1.



Nota: Fotografía tomada el 17/12/2014 en una visita al área de estudio.

J.2. Ortofotografía de una alcantarilla colapsada cerca de la vía 9T_LCH2_1.



Nota: Ortofotografía obtenida de la cartografía básica del proyecto PACALORI.

ANEXO K

MOVIMIENTO DE TIERRAS

K.1. Movimiento de tierras en la vía 9T_LCH2_1.

Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
0+000.00	0.25	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.13	0.47	1.87	2.24	2.49	1.87	2.49	-0.63
0+020.00	0.24	0.45	1.82	4.60	5.11	3.69	7.60	-3.91
0+030.00	0.38	0.09	3.07	2.47	2.75	6.76	10.35	-3.59
0+040.00	0.64	0.01	5.04	0.43	0.48	11.81	10.83	0.98
0+050.00	1.38	0.00	9.87	0.03	0.04	21.67	10.87	10.80
0+060.00	2.49	0.00	19.35	0.00	0.00	41.02	10.87	30.15
0+070.00	4.36	0.00	34.25	0.00	0.00	75.27	10.87	64.40
0+080.00	4.89	0.00	46.25	0.00	0.00	121.52	10.87	110.65
0+090.00	3.53	0.00	42.10	0.00	0.00	163.62	10.87	152.75
0+100.00	2.59	0.00	30.60	0.00	0.00	194.22	10.87	183.35
0+110.00	1.76	0.02	21.62	0.07	0.07	215.84	10.94	204.90
0+120.00	1.52	0.00	16.39	0.07	0.07	232.22	11.02	221.21
0+130.00	2.28	0.00	19.00	0.00	0.00	251.22	11.02	240.21
0+134.54	2.48	0.00	10.81	0.00	0.00	262.03	11.02	251.01
0+140.00	2.89	0.00	14.66	0.00	0.00	276.69	11.02	265.67
0+150.00	3.87	0.00	33.80	0.00	0.00	310.49	11.02	299.47
0+159.89	3.21	0.00	35.01	0.00	0.00	345.50	11.02	334.48
0+160.00	3.19	0.00	0.35	0.00	0.00	345.85	11.02	334.84
0+170.00	2.06	0.00	26.25	0.00	0.00	372.10	11.02	361.09
0+180.00	0.43	0.47	11.44	1.57	1.74	383.54	12.58	370.96
0+190.00	0.06	2.62	2.17	14.00	15.55	385.71	26.58	359.13
0+200.00	0.17	3.06	1.10	28.37	31.52	386.81	54.95	331.86
0+210.00	1.31	0.02	6.51	11.09	12.32	393.32	66.04	327.27
0+220.00	2.11	0.00	16.94	0.07	0.07	410.26	66.11	344.15
0+230.00	3.31	0.00	27.10	0.00	0.00	437.36	66.11	371.25
0+240.00	4.04	0.00	36.75	0.00	0.00	474.11	66.11	408.00
0+250.00	0.00	0.00	13.47	0.00	0.00	487.58	66.11	421.47
0+260.00	3.90	0.00	13.00	0.00	0.00	500.58	66.11	434.47
0+270.00	3.86	0.00	38.80	0.00	0.00	539.38	66.11	473.27
0+280.00	3.27	0.00	35.65	0.00	0.00	575.03	66.11	508.92
0+290.00	2.27	0.00	27.70	0.00	0.00	602.73	66.11	536.62
0+300.00	1.62	0.07	19.36	0.23	0.26	622.09	66.34	555.74
0+310.00	1.85	0.02	17.34	0.42	0.47	639.42	66.77	572.65
0+320.00	2.11	0.00	19.79	0.07	0.07	659.21	66.84	592.37
0+330.00	2.54	0.00	23.25	0.00	0.00	682.46	66.84	615.62
0+340.00	3.12	0.00	28.30	0.00	0.00	710.76	66.84	643.92
0+350.00	3.02	0.00	30.70	0.00	0.00	741.46	66.84	674.62
0+360.00	3.10	0.00	30.60	0.00	0.00	772.06	66.84	705.22
0+370.00	3.64	0.00	33.70	0.00	0.00	805.76	66.84	738.92
0+380.00	4.64	0.00	41.40	0.00	0.00	847.16	66.84	780.32
0+389.48	4.78	0.00	44.65	0.00	0.00	891.81	66.84	824.97
0+390.00	4.96	0.00	2.53	0.00	0.00	894.34	66.84	827.51
0+400.00	6.28	0.00	56.20	0.00	0.00	950.54	66.84	883.71
0+410.00	5.72	0.00	60.00	0.00	0.00	1010.54	66.84	943.71
0+420.00	6.11	0.00	59.15	0.00	0.00	1069.69	66.84	1002.86
0+430.00	5.63	0.00	58.70	0.00	0.00	1128.39	66.84	1061.56
0+440.00	0.00	0.00	18.77	0.00	0.00	1147.16	66.84	1080.32
0+440.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1147.16	66.84	1080.32
0+450.00	3.85	0.00	12.82	0.00	0.00	1159.98	66.84	1093.14
0+460.00	3.67	0.00	37.60	0.00	0.00	1197.58	66.84	1130.74
0+470.00	3.71	0.00	36.90	0.00	0.00	1234.48	66.84	1167.64
0+470.84	3.70	0.00	3.11	0.00	0.00	1237.59	66.84	1170.76
0+480.00	4.06	0.00	35.54	0.00	0.00	1273.13	66.84	1206.30
0+490.00	4.86	0.00	44.60	0.00	0.00	1317.73	66.84	1250.90
0+500.00	5.56	0.00	52.10	0.00	0.00	1369.83	66.84	1303.00

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo K.1. Movimiento de tierras en la vía 9T_LCH2_1.

Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
0+510.00	6.51	0.00	60.35	0.00	0.00	1430.18	66.84	1363.35
0+520.00	6.94	0.00	67.25	0.00	0.00	1497.43	66.84	1430.60
0+530.00	5.39	0.00	61.65	0.00	0.00	1559.08	66.84	1492.25
0+540.00	3.65	0.00	45.20	0.00	0.00	1604.28	66.84	1537.45
0+550.00	2.51	0.50	30.62	1.67	1.85	1634.90	68.50	1566.40
0+560.00	1.87	0.11	21.82	2.82	3.13	1656.73	71.32	1585.41
0+570.00	1.84	0.00	18.55	0.37	0.41	1675.28	71.68	1603.59
0+580.00	0.79	0.09	12.79	0.30	0.33	1688.06	71.98	1616.08
0+589.33	0.00	3.41	2.46	12.61	14.01	1690.52	84.59	1605.93
0+590.00	0.00	7.53	0.00	3.66	4.07	1690.52	88.26	1602.26
0+600.00	0.00	7.80	0.00	76.65	85.17	1690.52	164.91	1525.61
0+610.00	0.00	1.45	0.00	46.25	51.39	1690.52	211.16	1479.36
0+620.00	1.53	0.08	5.10	6.24	6.93	1695.62	217.39	1478.23
0+624.37	2.26	0.00	8.23	0.12	0.13	1703.85	217.51	1486.34
0+630.00	2.41	0.02	13.14	0.04	0.04	1716.99	217.55	1499.45
0+640.00	2.06	0.07	22.33	0.42	0.47	1739.32	217.97	1521.35
0+650.00	1.12	1.48	15.66	6.24	6.93	1754.98	224.21	1530.77
0+660.00	2.35	0.00	16.97	4.93	5.48	1771.96	229.14	1542.81
0+670.00	3.86	0.00	31.05	0.00	0.00	1803.01	229.14	1573.86
0+680.00	6.08	0.00	49.70	0.00	0.00	1852.71	229.14	1623.56
0+690.00	8.19	0.00	71.35	0.00	0.00	1924.06	229.14	1694.91
0+700.00	7.99	0.00	80.90	0.00	0.00	2004.96	229.14	1775.81
0+709.25	7.29	0.00	70.67	0.00	0.00	2075.63	229.14	1846.48
0+710.00	7.80	0.00	5.66	0.00	0.00	2081.29	229.14	1852.14
0+720.00	11.52	0.00	96.60	0.00	0.00	2177.89	229.14	1948.74
0+730.00	24.90	0.85	177.86	2.83	3.15	2355.74	231.98	2123.76
0+740.00	50.38	0.00	368.99	2.83	3.15	2724.74	234.81	2489.92
0+750.00	41.92	0.00	461.50	0.00	0.00	3186.24	234.81	2951.42
0+760.00	45.43	0.00	436.75	0.00	0.00	3622.99	234.81	3388.17
0+770.00	26.61	0.00	360.20	0.00	0.00	3983.19	234.81	3748.37
0+780.00	13.57	0.39	197.28	1.30	1.44	4180.46	236.11	3944.35
0+782.05	11.52	0.94	25.69	1.32	1.47	4206.15	237.43	3968.72
0+790.00	4.94	5.57	63.61	23.32	25.91	4269.76	260.75	4009.01
0+800.00	6.59	5.76	57.45	56.65	62.94	4327.21	317.40	4009.82
0+810.00	15.42	0.26	106.97	24.15	26.83	4434.18	341.54	4092.64
0+820.00	29.42	0.00	220.46	0.87	0.96	4654.64	342.41	4312.24
0+830.00	39.68	0.00	345.50	0.00	0.00	5000.14	342.41	4657.74
0+840.00	46.96	0.00	433.20	0.00	0.00	5433.34	342.41	5090.94
0+850.00	48.88	0.00	479.20	0.00	0.00	5912.54	342.41	5570.14
0+860.00	45.57	0.00	472.25	0.00	0.00	6384.79	342.41	6042.39
0+870.00	35.52	0.00	405.45	0.00	0.00	6790.24	342.41	6447.84
0+880.00	24.50	0.00	300.10	0.00	0.00	7090.34	342.41	6747.94
0+888.46	14.60	0.27	163.60	0.76	0.85	7253.94	343.17	6910.77
0+890.00	12.65	0.52	20.96	0.60	0.66	7274.91	343.77	6931.14
0+900.00	3.55	5.16	76.34	24.39	27.10	7351.24	368.16	6983.08
0+910.00	1.08	6.50	21.96	58.17	64.63	7373.20	426.33	6946.87
0+920.00	6.49	1.02	34.06	33.65	37.39	7407.26	459.98	6947.28
0+930.00	15.85	0.00	108.27	3.40	3.78	7515.54	463.38	7052.15
0+934.37	20.28	0.00	78.94	0.00	0.00	7594.48	463.38	7131.10
0+940.00	26.16	0.00	130.73	0.00	0.00	7725.21	463.38	7261.83
0+950.00	27.52	0.00	268.40	0.00	0.00	7993.61	463.38	7530.23
0+960.00	17.33	0.00	224.25	0.00	0.00	8217.86	463.38	7754.48
0+970.00	3.10	0.00	102.15	0.00	0.00	8320.01	463.38	7856.63
0+980.00	0.00	7.09	10.33	23.63	26.26	8330.34	487.02	7843.33
0+990.00	0.00	19.44	0.00	132.65	147.39	8330.34	619.67	7710.68
1+000.00	0.00	13.63	0.00	165.35	183.72	8330.34	785.02	7545.33
1+010.00	0.00	13.14	0.00	133.85	148.72	8330.34	918.87	7411.48
1+020.00	0.00	14.63	0.00	138.85	154.28	8330.34	1057.72	7272.63
1+030.00	0.00	15.28	0.00	149.55	166.17	8330.34	1207.27	7123.08

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo K.1. Movimiento de tierras en la vía 9T_LCH2_1.

Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
1+030.04	0.00	15.28	0.00	0.61	0.68	8330.34	1207.88	7122.46
1+040.00	0.00	14.60	0.00	148.80	165.34	8330.34	1356.68	6973.66
1+050.00	0.81	8.40	2.70	113.58	126.20	8333.04	1470.26	6862.78
1+060.00	10.96	0.00	49.17	28.00	31.11	8382.21	1498.26	6883.95
1+063.24	12.26	0.00	37.62	0.00	0.00	8419.82	1498.26	6921.56
1+070.00	5.91	0.00	61.41	0.00	0.00	8481.24	1498.26	6982.98
1+080.00	0.00	13.23	19.70	44.10	49.00	8500.94	1542.36	6958.58
1+090.00	0.00	13.40	0.00	133.15	147.94	8500.94	1675.51	6825.43
1+100.00	0.00	13.42	0.00	134.10	149.00	8500.94	1809.61	6691.33
1+110.00	0.00	15.59	0.00	145.05	161.17	8500.94	1954.66	6546.28
1+117.34	0.00	12.04	0.00	101.40	112.67	8500.94	2056.06	6444.88
1+120.00	0.12	8.77	0.11	27.56	30.63	8501.04	2083.63	6417.42
1+130.00	10.29	0.05	38.40	31.61	35.12	8539.45	2115.23	6424.22
1+140.00	11.03	0.24	106.58	1.33	1.48	8646.03	2116.56	6529.46
1+150.00	5.52	6.36	81.18	26.12	29.02	8727.20	2142.68	6584.52
1+160.00	4.43	9.37	49.65	78.17	86.85	8776.85	2220.85	6556.01
1+170.00	8.26	3.56	62.46	62.35	69.28	8839.32	2283.20	6556.12
1+180.00	14.81	0.25	113.77	15.84	17.61	8953.09	2299.04	6654.04
1+190.00	13.13	0.97	139.62	5.71	6.34	9092.70	2304.75	6787.95
1+191.41	12.86	1.08	18.32	1.44	1.61	9111.02	2306.20	6804.83
1+200.00	11.00	1.07	102.37	9.23	10.26	9213.40	2315.43	6897.97
1+210.00	11.47	0.00	112.34	3.57	3.96	9325.74	2319.00	7006.74
1+220.00	20.61	0.00	160.40	0.00	0.00	9486.14	2319.00	7167.14
1+230.00	34.35	0.00	274.80	0.00	0.00	9760.94	2319.00	7441.94
1+240.00	40.61	0.00	374.80	0.00	0.00	10135.74	2319.00	7816.74
1+243.47	40.45	0.00	140.64	0.00	0.00	10276.38	2319.00	7957.38
1+250.00	38.69	0.00	258.39	0.00	0.00	10534.77	2319.00	8215.77
1+260.00	34.27	0.00	364.80	0.00	0.00	10899.57	2319.00	8580.57
1+270.00	25.84	0.00	300.55	0.00	0.00	11200.12	2319.00	8881.12
1+272.84	23.29	0.00	69.76	0.00	0.00	11269.89	2319.00	8950.89
1+280.00	19.46	0.00	153.05	0.00	0.00	11422.93	2319.00	9103.93
1+290.00	17.70	0.00	185.80	0.00	0.00	11608.73	2319.00	9289.73
1+300.00	17.76	0.00	177.30	0.00	0.00	11786.03	2319.00	9467.03
1+310.00	14.57	0.00	161.65	0.00	0.00	11947.68	2319.00	9628.68
1+320.00	10.81	0.00	126.90	0.00	0.00	12074.58	2319.00	9755.58
1+326.98	9.07	0.00	69.38	0.00	0.00	12143.96	2319.00	9824.96
1+330.00	8.58	0.00	26.65	0.00	0.00	12170.61	2319.00	9851.62
1+340.00	6.36	0.00	74.70	0.00	0.00	12245.31	2319.00	9926.32
1+350.00	5.02	0.00	56.90	0.00	0.00	12302.21	2319.00	9983.22
1+360.00	4.28	0.00	46.50	0.00	0.00	12348.71	2319.00	10029.72
1+367.79	4.63	0.00	34.70	0.00	0.00	12383.42	2319.00	10064.42
1+370.00	4.89	0.00	10.52	0.00	0.00	12393.94	2319.00	10074.94
1+380.00	5.62	0.00	52.55	0.00	0.00	12446.49	2319.00	10127.49
1+390.00	5.55	0.00	55.85	0.00	0.00	12502.34	2319.00	10183.34
1+400.00	5.77	0.00	56.60	0.00	0.00	12558.94	2319.00	10239.94
1+410.00	5.76	0.00	57.65	0.00	0.00	12616.59	2319.00	10297.59
1+420.00	4.99	0.00	53.75	0.00	0.00	12670.34	2319.00	10351.34
1+430.00	4.94	0.00	49.65	0.00	0.00	12719.99	2319.00	10400.99
1+437.63	4.78	0.00	37.08	0.00	0.00	12757.07	2319.00	10438.07
1+440.00	4.50	0.00	11.00	0.00	0.00	12768.07	2319.00	10449.07
1+450.00	3.67	0.34	40.78	1.13	1.26	12808.85	2320.13	10488.71
1+460.00	5.59	1.19	45.96	7.22	8.02	12854.81	2327.35	10527.46
1+470.00	2.94	1.15	41.95	11.70	13.00	12896.76	2339.05	10557.71
1+480.00	1.62	0.95	22.47	10.48	11.65	12919.23	2349.54	10569.70
1+483.60	1.52	0.65	5.65	2.86	3.18	12924.88	2352.40	10572.48
1+490.00	0.49	0.50	6.13	3.67	4.08	12931.01	2356.07	10574.94
1+500.00	0.56	0.19	5.25	3.33	3.70	12936.26	2359.40	10576.86
1+510.00	0.89	0.00	7.19	0.63	0.70	12943.44	2360.03	10583.42
1+520.00	0.94	0.02	9.15	0.07	0.07	12952.59	2360.10	10592.50
1+521.31	1.05	0.02	1.30	0.03	0.03	12953.90	2360.12	10593.77
1+521.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12953.90	2360.12	10593.77

K.2. Movimiento de tierras en la vía 37V_LCH2_2.

Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
0+000.00	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	2.24	0.00	18.90	0.00	0.00	18.90	0.00	18.90
0+020.00	2.77	0.00	25.05	0.00	0.00	43.95	0.00	43.95
0+030.00	4.43	0.00	36.00	0.00	0.00	79.95	0.00	79.95
0+040.00	6.66	0.00	55.45	0.00	0.00	135.40	0.00	135.40
0+050.00	7.00	0.00	68.30	0.00	0.00	203.70	0.00	203.70
0+060.00	6.46	0.00	67.30	0.00	0.00	271.00	0.00	271.00
0+069.55	6.66	0.00	62.65	0.00	0.00	333.65	0.00	333.65
0+070.00	6.61	0.00	2.99	0.00	0.00	336.63	0.00	336.63
0+080.00	2.46	0.00	45.35	0.00	0.00	381.98	0.00	381.98
0+090.00	1.05	0.00	17.55	0.00	0.00	399.53	0.00	399.53
0+100.00	0.00	1.55	3.50	5.17	5.74	403.03	5.74	397.29
0+110.00	0.00	4.32	0.00	29.35	32.61	403.03	38.35	364.68
0+120.00	0.00	3.75	0.00	40.35	44.83	403.03	78.70	324.33
0+130.00	0.37	0.36	1.23	17.57	19.53	404.27	96.27	307.99
0+140.00	2.99	0.00	14.71	1.20	1.33	418.97	97.47	321.50
0+143.35	3.30	0.00	10.54	0.00	0.00	429.51	97.47	332.03
0+150.00	3.47	0.00	22.51	0.00	0.00	452.02	97.47	354.54
0+160.00	5.53	0.00	45.00	0.00	0.00	497.02	97.47	399.54
0+170.00	9.96	0.00	77.45	0.00	0.00	574.47	97.47	476.99
0+180.00	12.37	0.00	111.65	0.00	0.00	686.12	97.47	588.64
0+190.00	9.84	0.00	111.05	0.00	0.00	797.17	97.47	699.69
0+200.00	8.09	0.00	89.65	0.00	0.00	886.82	97.47	789.34
0+210.00	6.22	0.00	71.55	0.00	0.00	958.37	97.47	860.89
0+214.89	5.23	0.00	28.00	0.00	0.00	986.36	97.47	888.89
0+220.00	4.07	0.00	23.76	0.00	0.00	1010.13	97.47	912.65
0+230.00	3.01	0.22	35.27	0.73	0.81	1045.39	98.21	947.18
0+238.32	3.08	0.00	25.33	0.61	0.68	1070.73	98.82	971.91
0+240.00	3.24	0.00	5.31	0.00	0.00	1076.04	98.82	977.22
0+250.00	4.33	0.00	37.85	0.00	0.00	1113.89	98.82	1015.07
0+260.00	4.06	0.00	41.95	0.00	0.00	1155.84	98.82	1057.02
0+270.00	3.61	0.00	38.35	0.00	0.00	1194.19	98.82	1095.37
0+280.00	3.15	0.00	33.80	0.00	0.00	1227.99	98.82	1129.17
0+290.00	2.46	0.00	28.05	0.00	0.00	1256.04	98.82	1157.22
0+300.00	2.75	0.00	26.05	0.00	0.00	1282.09	98.82	1183.27
0+310.00	2.85	0.00	28.00	0.00	0.00	1310.09	98.82	1211.27
0+320.00	3.09	0.00	29.70	0.00	0.00	1339.79	98.82	1240.97
0+330.00	3.59	0.00	33.40	0.00	0.00	1373.19	98.82	1274.37
0+340.00	3.68	0.00	36.35	0.00	0.00	1409.54	98.82	1310.72
0+350.00	3.82	0.00	37.50	0.00	0.00	1447.04	98.82	1348.22
0+360.00	3.96	0.00	38.90	0.00	0.00	1485.94	98.82	1387.12
0+370.00	3.67	0.00	38.15	0.00	0.00	1524.09	98.82	1425.27
0+380.00	3.33	0.00	35.00	0.00	0.00	1559.09	98.82	1460.27
0+382.88	3.36	0.00	9.63	0.00	0.00	1568.72	98.82	1469.90
0+390.00	3.48	0.00	24.35	0.00	0.00	1593.07	98.82	1494.25
0+400.00	1.94	0.00	27.10	0.00	0.00	1620.17	98.82	1521.35
0+410.00	2.36	0.00	21.50	0.00	0.00	1641.67	98.82	1542.85
0+420.00	2.37	0.00	23.65	0.00	0.00	1665.32	98.82	1566.50
0+428.28	3.04	0.00	22.40	0.00	0.00	1687.72	98.82	1588.90
0+430.00	3.15	0.00	5.32	0.00	0.00	1693.04	98.82	1594.22
0+440.00	4.49	0.00	38.20	0.00	0.00	1731.24	98.82	1632.42
0+450.00	5.30	0.00	48.95	0.00	0.00	1780.19	98.82	1681.37
0+460.00	7.06	0.00	61.80	0.00	0.00	1841.99	98.82	1743.17

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo K.2. Movimiento de tierras en la vía 37V_LCH2_2.

Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
0+470.00	7.36	0.00	72.10	0.00	0.00	1914.09	98.82	1815.27
0+480.00	6.64	0.00	70.00	0.00	0.00	1984.09	98.82	1885.27
0+490.00	7.10	0.00	68.70	0.00	0.00	2052.79	98.82	1953.97
0+500.00	6.32	0.00	67.10	0.00	0.00	2119.89	98.82	2021.07
0+510.00	5.67	0.00	59.95	0.00	0.00	2179.84	98.82	2081.02
0+520.00	8.56	0.00	71.15	0.00	0.00	2250.99	98.82	2152.17
0+530.00	14.47	0.00	115.15	0.00	0.00	2366.14	98.82	2267.32
0+540.00	18.70	0.00	165.85	0.00	0.00	2531.99	98.82	2433.17
0+541.12	18.43	0.00	20.79	0.00	0.00	2552.78	98.82	2453.96
0+550.00	16.66	0.00	155.80	0.00	0.00	2708.58	98.82	2609.76
0+560.00	13.12	0.00	148.90	0.00	0.00	2857.48	98.82	2758.66
0+565.68	10.71	0.00	67.68	0.00	0.00	2925.16	98.82	2826.34
0+570.00	11.35	0.00	47.65	0.00	0.00	2972.81	98.82	2873.99
0+580.00	10.06	0.00	107.05	0.00	0.00	3079.86	98.82	2981.04
0+590.00	10.83	0.00	104.45	0.00	0.00	3184.31	98.82	3085.49
0+600.00	4.85	0.02	76.42	0.07	0.07	3260.73	98.88	3161.85
0+610.00	7.69	0.00	62.16	0.07	0.07	3322.89	98.95	3223.94
0+610.06	7.76	0.00	0.46	0.00	0.00	3323.35	98.95	3224.40
0+620.00	10.13	0.00	88.91	0.00	0.00	3412.27	98.95	3313.32
0+630.00	4.01	0.00	70.70	0.00	0.00	3482.97	98.95	3384.02
0+640.00	4.69	0.00	43.50	0.00	0.00	3526.47	98.95	3427.52
0+650.00	5.15	0.00	49.20	0.00	0.00	3575.67	98.95	3476.72
0+656.80	4.22	0.01	31.81	0.02	0.03	3607.47	98.97	3508.50
0+660.00	4.40	0.10	13.79	0.15	0.17	3621.26	99.13	3522.14
0+670.00	3.71	0.01	40.50	0.47	0.52	3661.77	99.60	3562.17
0+680.00	0.00	1.69	12.37	6.10	6.78	3674.13	105.70	3568.43
0+690.00	0.00	11.18	0.00	64.35	71.50	3674.13	170.05	3504.08
0+698.60	0.00	12.82	0.00	103.20	114.67	3674.13	273.25	3400.88
0+700.00	0.00	12.19	0.00	17.51	19.45	3674.13	290.75	3383.38
0+710.00	0.00	10.23	0.00	112.10	124.56	3674.13	402.85	3271.28
0+720.00	0.83	2.19	2.77	57.18	63.53	3676.90	460.03	3216.87
0+727.47	5.17	0.02	20.10	6.02	6.69	3697.00	466.06	3230.94
0+730.00	6.44	0.00	14.66	0.02	0.02	3711.65	466.07	3245.58
0+740.00	9.08	0.00	77.60	0.00	0.00	3789.25	466.07	3323.18
0+750.00	13.48	0.00	112.80	0.00	0.00	3902.05	466.07	3435.98
0+760.00	19.78	0.00	166.30	0.00	0.00	4068.35	466.07	3602.28
0+770.00	22.50	0.00	211.40	0.00	0.00	4279.75	466.07	3813.68
0+780.00	20.04	0.00	212.70	0.00	0.00	4492.45	466.07	4026.38
0+790.00	16.46	0.00	182.50	0.00	0.00	4674.95	466.07	4208.88
0+800.00	13.39	0.00	149.25	0.00	0.00	4824.20	466.07	4358.13
0+810.00	8.09	0.00	107.40	0.00	0.00	4931.60	466.07	4465.53
0+820.00	7.54	0.00	78.15	0.00	0.00	5009.75	466.07	4543.68
0+830.00	5.39	0.00	64.65	0.00	0.00	5074.40	466.07	4608.33
0+840.00	3.09	0.00	42.40	0.00	0.00	5116.80	466.07	4650.73
0+850.00	4.11	0.00	36.00	0.00	0.00	5152.80	466.07	4686.73
0+852.25	4.57	0.00	9.77	0.00	0.00	5162.57	466.07	4696.50
0+860.00	3.97	0.00	33.09	0.00	0.00	5195.66	466.07	4729.59
0+870.00	3.05	0.00	35.10	0.00	0.00	5230.76	466.07	4764.69
0+880.00	3.96	0.00	35.05	0.00	0.00	5265.81	466.07	4799.74
0+886.10	3.34	0.00	22.27	0.00	0.00	5288.08	466.07	4822.00
0+890.00	3.07	0.00	12.50	0.00	0.00	5300.58	466.07	4834.50
0+900.00	3.37	0.00	32.20	0.00	0.00	5332.78	466.07	4866.70
0+910.00	4.05	0.00	37.10	0.00	0.00	5369.88	466.07	4903.80
0+919.73	0.00	0.00	13.14	0.00	0.00	5383.01	466.07	4916.94

K.3. Movimiento de tierras en la vía 40V_LCH2_1.

Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
0+000.00	1.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	1.38	0.00	13.80	0.00	0.00	13.80	0.00	13.80
0+020.00	1.49	0.00	14.35	0.00	0.00	28.15	0.00	28.15
0+030.00	1.28	0.00	13.85	0.00	0.00	42.00	0.00	42.00
0+040.00	1.38	0.00	13.30	0.00	0.00	55.30	0.00	55.30
0+043.30	1.50	0.00	4.75	0.00	0.00	60.05	0.00	60.05
0+050.00	1.83	0.00	11.16	0.00	0.00	71.21	0.00	71.21
0+060.00	1.82	0.00	18.25	0.00	0.00	89.46	0.00	89.46
0+070.00	1.89	0.00	18.55	0.00	0.00	108.01	0.00	108.01
0+080.00	1.88	0.00	18.85	0.00	0.00	126.86	0.00	126.86
0+090.00	2.56	0.00	22.20	0.00	0.00	149.06	0.00	149.06
0+095.05	2.87	0.00	13.71	0.00	0.00	162.77	0.00	162.77
0+100.00	2.32	0.00	12.85	0.00	0.00	175.61	0.00	175.61
0+110.00	2.36	0.00	23.40	0.00	0.00	199.01	0.00	199.01
0+120.00	1.79	0.00	20.75	0.00	0.00	219.76	0.00	219.76
0+130.00	2.13	0.00	19.60	0.00	0.00	239.36	0.00	239.36
0+140.00	1.53	0.00	18.30	0.00	0.00	257.66	0.00	257.66
0+149.73	2.23	0.00	18.29	0.00	0.00	275.96	0.00	275.96
0+150.00	2.28	0.00	0.61	0.00	0.00	276.56	0.00	276.56
0+160.00	3.10	0.00	26.90	0.00	0.00	303.46	0.00	303.46
0+170.00	3.96	0.00	35.30	0.00	0.00	338.76	0.00	338.76
0+175.86	4.34	0.00	24.32	0.00	0.00	363.08	0.00	363.08
0+180.00	4.58	0.00	18.46	0.00	0.00	381.55	0.00	381.55
0+190.00	3.82	0.00	42.00	0.00	0.00	423.55	0.00	423.55
0+200.00	5.23	0.00	45.25	0.00	0.00	468.80	0.00	468.80
0+210.00	5.10	0.00	51.65	0.00	0.00	520.45	0.00	520.45
0+220.00	4.12	0.00	46.10	0.00	0.00	566.55	0.00	566.55
0+223.81	5.35	0.00	18.04	0.00	0.00	584.59	0.00	584.59
0+230.00	6.38	0.00	36.30	0.00	0.00	620.89	0.00	620.89
0+240.00	7.74	0.00	70.60	0.00	0.00	691.49	0.00	691.49
0+250.00	9.02	0.00	83.80	0.00	0.00	775.29	0.00	775.29
0+260.00	7.22	0.00	81.20	0.00	0.00	856.49	0.00	856.49
0+265.26	5.65	0.00	33.85	0.00	0.00	890.34	0.00	890.34
0+270.00	5.41	0.00	26.21	0.00	0.00	916.55	0.00	916.55
0+280.00	1.57	0.00	34.90	0.00	0.00	951.45	0.00	951.45
0+290.00	0.46	0.00	10.15	0.00	0.00	961.60	0.00	961.60
0+300.00	1.95	0.00	12.05	0.00	0.00	973.65	0.00	973.65
0+310.00	2.79	0.00	23.70	0.00	0.00	997.35	0.00	997.35
0+314.13	4.06	0.00	14.15	0.00	0.00	1011.50	0.00	1011.50
0+320.00	5.50	0.00	28.06	0.00	0.00	1039.56	0.00	1039.56
0+330.00	5.47	0.00	54.85	0.00	0.00	1094.41	0.00	1094.41
0+340.00	4.44	0.00	49.55	0.00	0.00	1143.96	0.00	1143.96
0+350.00	3.21	0.00	38.25	0.00	0.00	1182.21	0.00	1182.21
0+350.10	3.19	0.00	0.32	0.00	0.00	1182.53	0.00	1182.53
0+360.00	3.31	0.00	32.17	0.00	0.00	1214.70	0.00	1214.70
0+370.00	4.74	0.00	40.25	0.00	0.00	1254.95	0.00	1254.95
0+380.00	5.37	0.00	50.55	0.00	0.00	1305.50	0.00	1305.50
0+390.00	4.48	0.00	49.25	0.00	0.00	1354.75	0.00	1354.75
0+396.46	1.59	0.00	19.61	0.00	0.00	1374.36	0.00	1374.36

K.4. Movimiento de tierras en la vía 91V_LCH2_1.

Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
0+000.00	1.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+001.50	1.57	0.00	2.13	0.00	0.00	2.13	0.00	2.13
0+010.00	3.20	0.00	20.27	0.00	0.00	22.40	0.00	22.40
0+020.00	4.18	0.00	36.90	0.00	0.00	59.30	0.00	59.30
0+030.00	4.43	0.00	43.05	0.00	0.00	102.35	0.00	102.35
0+040.00	3.86	0.00	41.45	0.00	0.00	143.80	0.00	143.80
0+041.61	3.68	0.00	6.07	0.00	0.00	149.87	0.00	149.87
0+050.00	3.11	0.00	28.48	0.00	0.00	178.36	0.00	178.36
0+060.00	2.06	0.00	25.85	0.00	0.00	204.21	0.00	204.21
0+070.00	0.83	0.00	14.45	0.00	0.00	218.66	0.00	218.66
0+080.00	1.42	0.00	11.25	0.00	0.00	229.91	0.00	229.91
0+084.17	2.22	0.00	7.59	0.00	0.00	237.50	0.00	237.50
0+090.00	3.25	0.00	15.95	0.00	0.00	253.44	0.00	253.44
0+100.00	2.55	0.00	29.00	0.00	0.00	282.44	0.00	282.44
0+110.00	3.01	0.00	27.80	0.00	0.00	310.24	0.00	310.24
0+120.00	5.18	0.00	40.95	0.00	0.00	351.19	0.00	351.19
0+130.00	4.77	0.00	49.75	0.00	0.00	400.94	0.00	400.94
0+140.00	4.46	0.00	46.15	0.00	0.00	447.09	0.00	447.09
0+150.00	4.41	0.00	44.35	0.00	0.00	491.44	0.00	491.44
0+160.00	4.21	0.00	43.10	0.00	0.00	534.54	0.00	534.54
0+170.00	3.08	0.00	36.45	0.00	0.00	570.99	0.00	570.99
0+180.00	0.28	0.93	14.30	3.10	3.44	585.29	3.44	581.84
0+190.00	1.57	0.00	8.38	3.10	3.44	593.66	6.89	586.77
0+190.29	1.70	0.00	0.47	0.00	0.00	594.14	6.89	587.25

K.5. Movimiento de tierras en la vía 93V_LCH2_1.

Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
0+000.00	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	1.55	0.00	14.80	0.00	0.00	14.80	0.00	14.80
0+020.00	2.41	0.00	19.80	0.00	0.00	34.60	0.00	34.60
0+024.80	2.86	0.00	12.65	0.00	0.00	47.25	0.00	47.25
0+030.00	3.72	0.00	17.11	0.00	0.00	64.36	0.00	64.36
0+040.00	3.78	0.00	37.50	0.00	0.00	101.86	0.00	101.86
0+050.00	3.05	0.00	34.15	0.00	0.00	136.01	0.00	136.01
0+053.31	1.85	0.00	8.11	0.00	0.00	144.12	0.00	144.12
0+060.00	1.84	0.00	12.34	0.00	0.00	156.46	0.00	156.46
0+070.00	3.98	0.00	29.10	0.00	0.00	185.56	0.00	185.56
0+080.00	6.33	0.00	51.55	0.00	0.00	237.11	0.00	237.11
0+090.00	5.04	0.00	56.85	0.00	0.00	293.96	0.00	293.96
0+100.00	4.94	0.00	49.90	0.00	0.00	343.86	0.00	343.86
0+105.00	6.52	0.00	28.65	0.00	0.00	372.51	0.00	372.51
0+106.71	7.22	0.00	11.75	0.00	0.00	384.26	0.00	384.26

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo K.5. Movimiento de tierras en la vía 93V_LCH2_1.

Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
0+107.23	7.28	0.00	3.77	0.00	0.00	388.03	0.00	388.03
0+110.00	8.47	0.00	21.81	0.00	0.00	409.84	0.00	409.84
0+116.45	10.30	0.00	60.53	0.00	0.00	470.37	0.00	470.37
0+120.00	11.46	0.00	38.62	0.00	0.00	509.00	0.00	509.00
0+130.00	14.61	0.00	130.35	0.00	0.00	639.35	0.00	639.35
0+140.00	11.99	0.00	133.00	0.00	0.00	772.35	0.00	772.35
0+150.00	9.76	0.00	108.75	0.00	0.00	881.10	0.00	881.10
0+160.00	12.05	0.00	109.05	0.00	0.00	990.15	0.00	990.15
0+166.22	12.12	0.00	75.17	0.00	0.00	1065.32	0.00	1065.32
0+170.00	11.90	0.00	45.40	0.00	0.00	1110.71	0.00	1110.71
0+180.00	9.46	0.00	106.80	0.00	0.00	1217.51	0.00	1217.51
0+190.00	5.55	0.00	75.05	0.00	0.00	1292.56	0.00	1292.56
0+200.00	2.96	0.00	42.55	0.00	0.00	1335.11	0.00	1335.11
0+210.00	1.75	0.05	23.29	0.17	0.19	1358.40	0.19	1358.22
0+213.85	1.27	0.02	5.79	0.13	0.14	1364.19	0.33	1363.86

K.6. Movimiento de tierras en la vía 101V_AGT_1.

Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
0+000.00	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	6.59	0.00	40.05	0.00	0.00	40.05	0.00	40.05
0+020.00	7.12	0.00	68.55	0.00	0.00	108.60	0.00	108.60
0+030.00	6.37	0.00	67.45	0.00	0.00	176.05	0.00	176.05
0+040.00	5.21	0.00	57.90	0.00	0.00	233.95	0.00	233.95
0+050.00	3.04	0.00	41.25	0.00	0.00	275.20	0.00	275.20
0+060.00	2.25	0.00	26.45	0.00	0.00	301.65	0.00	301.65
0+070.00	2.15	0.00	22.00	0.00	0.00	323.65	0.00	323.65
0+080.00	2.38	0.00	22.65	0.00	0.00	346.30	0.00	346.30
0+090.00	2.49	0.00	24.35	0.00	0.00	370.65	0.00	370.65
0+100.00	2.87	0.00	26.80	0.00	0.00	397.45	0.00	397.45
0+110.00	3.09	0.00	29.80	0.00	0.00	427.25	0.00	427.25
0+120.00	3.27	0.00	31.80	0.00	0.00	459.05	0.00	459.05
0+130.00	3.93	0.00	36.00	0.00	0.00	495.05	0.00	495.05
0+140.00	4.26	0.00	40.95	0.00	0.00	536.00	0.00	536.00
0+150.00	4.30	0.00	42.80	0.00	0.00	578.80	0.00	578.80
0+154.45	4.23	0.00	18.98	0.00	0.00	597.78	0.00	597.78
0+160.00	3.96	0.00	22.73	0.00	0.00	620.51	0.00	620.51
0+170.00	3.61	0.00	37.85	0.00	0.00	658.36	0.00	658.36
0+180.00	3.03	0.00	33.20	0.00	0.00	691.56	0.00	691.56
0+190.00	3.27	0.00	31.50	0.00	0.00	723.06	0.00	723.06
0+200.00	3.23	0.00	32.50	0.00	0.00	755.56	0.00	755.56
0+210.00	3.20	0.00	32.15	0.00	0.00	787.71	0.00	787.71
0+219.73	3.91	0.00	34.59	0.00	0.00	822.30	0.00	822.30
0+220.00	3.91	0.00	1.06	0.00	0.00	823.35	0.00	823.35
0+230.00	4.41	0.00	41.60	0.00	0.00	864.95	0.00	864.95
0+240.00	4.24	0.00	43.25	0.00	0.00	908.20	0.00	908.20
0+250.00	4.74	0.00	44.90	0.00	0.00	953.10	0.00	953.10
0+260.00	7.86	0.00	63.00	0.00	0.00	1016.10	0.00	1016.10
0+270.00	12.94	0.00	104.00	0.00	0.00	1120.10	0.00	1120.10
0+280.00	12.96	0.00	129.50	0.00	0.00	1249.60	0.00	1249.60
0+290.00	9.35	0.00	111.55	0.00	0.00	1361.15	0.00	1361.15
0+300.00	7.12	0.00	82.35	0.00	0.00	1443.50	0.00	1443.50

Continúa en la página siguiente.

Continuación Anexo K.6. Movimiento de tierras en la vía 101V_AGT_1.

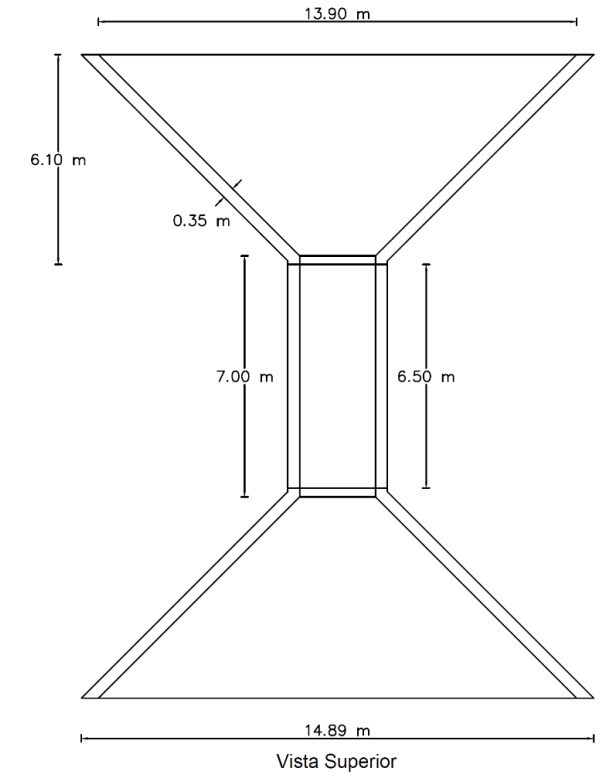
Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
0+305.01	5.61	0.00	31.89	0.00	0.00	1475.39	0.00	1475.39
0+310.00	4.02	0.00	24.03	0.00	0.00	1499.42	0.00	1499.42
0+320.00	2.76	0.00	33.90	0.00	0.00	1533.32	0.00	1533.32
0+330.00	1.87	0.00	23.15	0.00	0.00	1556.47	0.00	1556.47
0+340.00	1.39	0.01	16.24	0.03	0.04	1572.71	0.03	1572.68
0+350.00	2.49	0.00	19.13	0.03	0.04	1591.84	0.07	1591.78
0+358.26	3.33	0.00	24.04	0.00	0.00	1615.88	0.07	1615.81
0+360.00	3.19	0.00	5.67	0.00	0.00	1621.55	0.07	1621.49
0+370.00	3.01	0.00	31.00	0.00	0.00	1652.55	0.07	1652.49
0+380.00	4.31	0.00	36.60	0.00	0.00	1689.15	0.07	1689.09
0+390.00	7.23	0.00	57.70	0.00	0.00	1746.85	0.07	1746.79
0+400.00	8.61	0.00	79.20	0.00	0.00	1826.05	0.07	1825.99
0+410.00	7.35	0.00	79.80	0.00	0.00	1905.85	0.07	1905.79
0+420.00	4.10	0.00	57.25	0.00	0.00	1963.10	0.07	1963.04
0+430.00	0.91	0.00	25.05	0.00	0.00	1988.15	0.07	1988.09
0+433.35	0.57	0.12	2.46	0.13	0.15	1990.61	0.20	1990.41
0+440.00	1.06	0.00	5.34	0.27	0.30	1995.95	0.47	1995.48
0+450.00	2.59	0.00	18.25	0.00	0.00	2014.20	0.47	2013.73
0+460.00	4.55	0.00	35.70	0.00	0.00	2049.90	0.47	2049.43
0+464.57	4.87	0.00	21.52	0.00	0.00	2071.42	0.47	2070.95
0+470.00	4.55	0.00	25.58	0.00	0.00	2097.00	0.47	2096.53
0+480.00	3.46	0.00	40.05	0.00	0.00	2137.05	0.47	2136.58
0+490.00	2.64	0.00	30.50	0.00	0.00	2167.55	0.47	2167.08
0+500.00	1.24	0.43	18.96	1.43	1.59	2186.51	1.90	2184.61
0+510.00	0.79	0.39	10.07	4.10	4.55	2196.58	6.00	2190.58
0+520.00	0.61	0.10	6.98	2.29	2.55	2203.56	8.29	2195.27
0+530.00	0.79	0.00	6.98	0.33	0.37	2210.54	8.62	2201.91
0+540.00	0.25	0.13	4.95	0.43	0.48	2215.48	9.06	2206.43
0+550.00	0.50	0.89	3.68	4.53	5.04	2219.16	13.59	2205.57
0+560.00	2.07	0.00	11.96	2.97	3.30	2231.12	16.56	2214.56
0+566.88	3.17	0.00	18.03	0.00	0.00	2249.15	16.56	2232.59
0+570.00	4.07	0.00	11.29	0.00	0.00	2260.44	16.56	2243.88
0+580.00	2.93	0.00	35.00	0.00	0.00	2295.44	16.56	2278.88
0+590.00	0.84	0.38	17.80	1.27	1.41	2313.24	17.82	2295.41
0+600.00	0.31	0.57	5.53	4.72	5.24	2318.77	22.54	2296.23
0+610.00	1.42	0.01	7.98	2.18	2.43	2326.75	24.73	2302.02
0+610.56	1.45	0.00	0.80	0.00	0.00	2327.55	24.73	2302.82
0+620.00	2.61	0.00	19.16	0.00	0.00	2346.72	24.73	2321.99
0+630.00	6.52	0.00	45.65	0.00	0.00	2392.37	24.73	2367.64
0+640.00	8.92	0.00	77.20	0.00	0.00	2469.57	24.73	2444.84
0+650.00	9.36	0.00	91.40	0.00	0.00	2560.97	24.73	2536.24
0+657.37	8.30	0.00	65.08	0.00	0.00	2626.04	24.73	2601.32
0+660.00	7.44	0.00	20.70	0.00	0.00	2646.74	24.73	2622.01
0+670.00	5.83	0.00	66.35	0.00	0.00	2713.09	24.73	2688.36
0+680.00	6.35	0.00	60.90	0.00	0.00	2773.99	24.73	2749.26
0+690.00	6.40	0.00	63.75	0.00	0.00	2837.74	24.73	2813.01
0+700.00	6.22	0.00	63.10	0.00	0.00	2900.84	24.73	2876.11
0+710.00	4.49	0.00	53.55	0.00	0.00	2954.39	24.73	2929.66
0+714.05	3.82	0.00	16.83	0.00	0.00	2971.22	24.73	2946.49
0+720.00	3.01	0.00	20.32	0.00	0.00	2991.54	24.73	2966.81
0+730.00	3.30	0.00	31.55	0.00	0.00	3023.09	24.73	2998.36
0+740.00	2.95	0.00	31.25	0.00	0.00	3054.34	24.73	3029.61
0+750.00	1.37	0.50	21.10	1.67	1.85	3075.44	26.40	3049.04
0+760.00	0.73	0.93	10.33	7.04	7.82	3085.77	33.44	3052.34
0+770.00	2.29	0.00	14.38	3.10	3.44	3100.15	36.54	3063.61
0+775.14	1.61	0.00	10.02	0.00	0.00	3110.17	36.54	3073.64

K.7. Movimiento de tierras en la vía 126V_AGT_2.

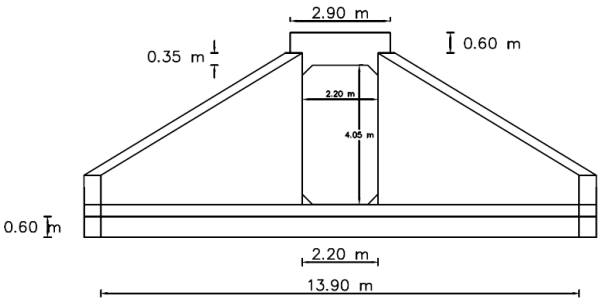
Abscisa	Área (m^2)		Volumen (m^3)			Volumen Acumulado (m^3)		
	Corte	Relleno	Corte	Relleno	Relleno Expandido	Corte	Relleno Expandido	Neto
0+000.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	1.22	0.00	14.10	0.00	0.00	14.10	0.00	14.10
0+020.00	1.46	0.00	13.40	0.00	0.00	27.50	0.00	27.50
0+030.00	2.22	0.00	18.40	0.00	0.00	45.90	0.00	45.90
0+033.12	2.45	0.00	7.29	0.00	0.00	53.19	0.00	53.19
0+040.00	2.64	0.00	17.51	0.00	0.00	70.69	0.00	70.69
0+050.00	2.94	0.00	27.90	0.00	0.00	98.59	0.00	98.59
0+060.00	3.92	0.00	34.30	0.00	0.00	132.89	0.00	132.89
0+070.00	3.80	0.00	38.60	0.00	0.00	171.49	0.00	171.49
0+080.00	3.94	0.00	38.70	0.00	0.00	210.19	0.00	210.19
0+090.00	4.21	0.00	40.75	0.00	0.00	250.94	0.00	250.94
0+097.39	4.38	0.00	31.74	0.00	0.00	282.68	0.00	282.68
0+100.00	4.13	0.00	11.11	0.00	0.00	293.79	0.00	293.79
0+110.00	3.20	0.00	36.65	0.00	0.00	330.44	0.00	330.44
0+120.00	2.79	0.00	29.95	0.00	0.00	360.39	0.00	360.39
0+130.00	2.40	0.00	25.95	0.00	0.00	386.34	0.00	386.34
0+140.00	2.49	0.00	24.45	0.00	0.00	410.79	0.00	410.79
0+150.00	3.76	0.00	31.25	0.00	0.00	442.04	0.00	442.04
0+160.00	4.06	0.00	39.10	0.00	0.00	481.14	0.00	481.14
0+170.00	3.57	0.00	38.15	0.00	0.00	519.29	0.00	519.29
0+180.00	3.11	0.00	33.40	0.00	0.00	552.69	0.00	552.69
0+190.00	3.06	0.00	30.85	0.00	0.00	583.54	0.00	583.54
0+200.00	3.01	0.00	30.35	0.00	0.00	613.89	0.00	613.89
0+210.00	1.69	0.00	23.50	0.00	0.00	637.39	0.00	637.39
0+220.00	1.57	0.00	16.30	0.00	0.00	653.69	0.00	653.69
0+230.00	1.96	0.00	17.65	0.00	0.00	671.34	0.00	671.34
0+240.00	1.36	0.00	16.60	0.00	0.00	687.94	0.00	687.94
0+250.00	1.63	0.00	14.95	0.00	0.00	702.89	0.00	702.89
0+254.92	1.75	0.00	8.31	0.00	0.00	711.21	0.00	711.21

ANEXO L
CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA

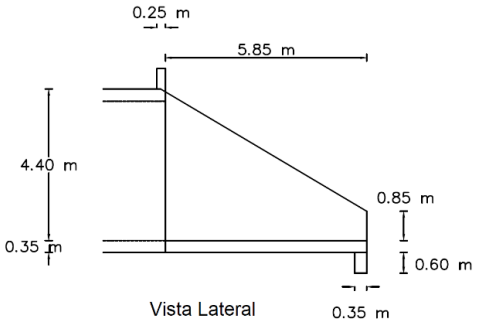
L.1. Dimensiones de la alcantarilla ALC-9T-2.



Vista Superior



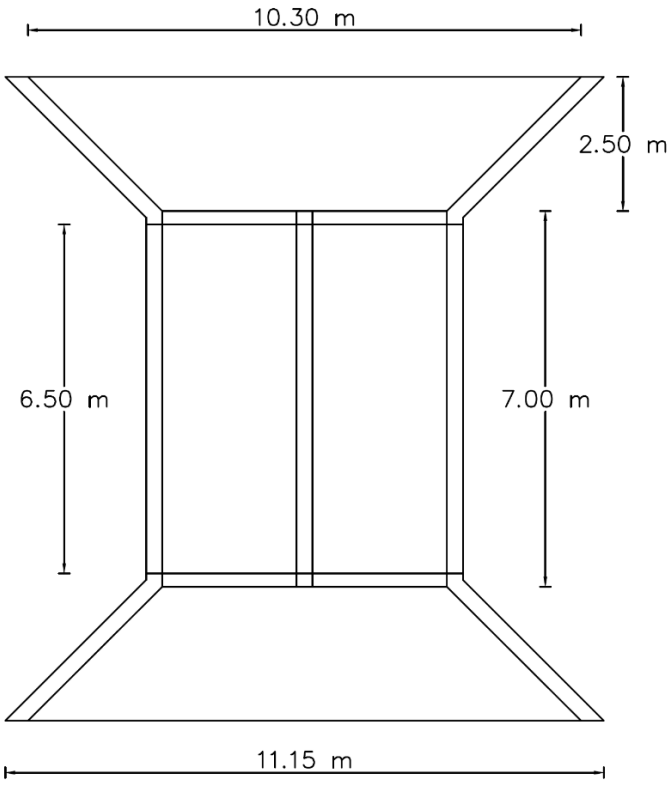
Vista Frontal



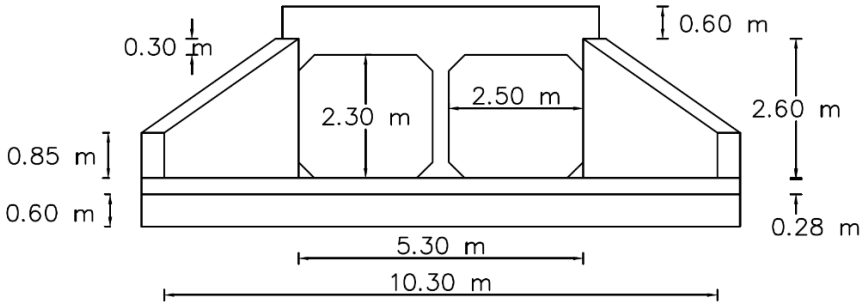
Vista Lateral

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

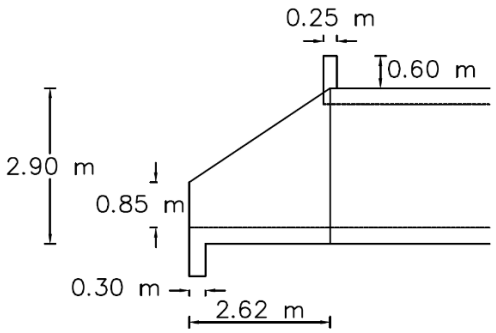
L.2. Dimensiones de la alcantarilla ALC-9T-4.



Vista Superior



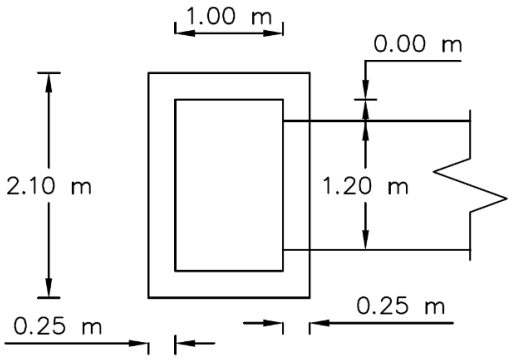
Vista Frontal



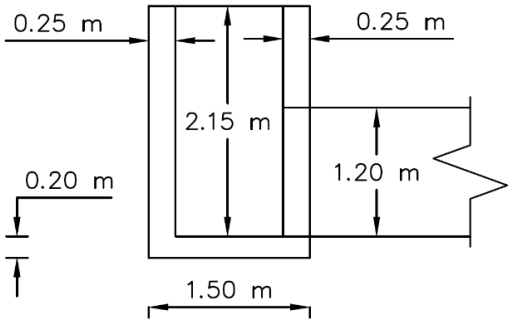
Vista Lateral

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

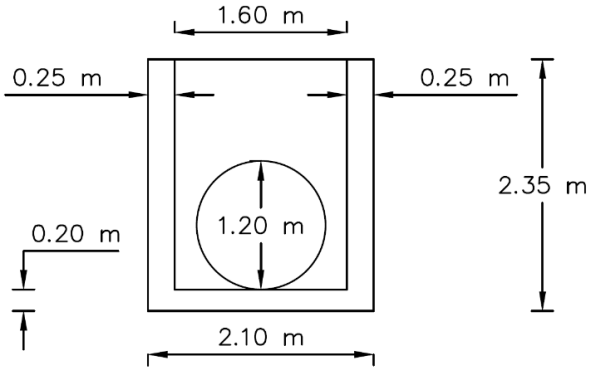
L.3. Dimensiones de la estructura de entrada tipo caja para alcantarillas circulares de 1200 mm.



Vista Superior



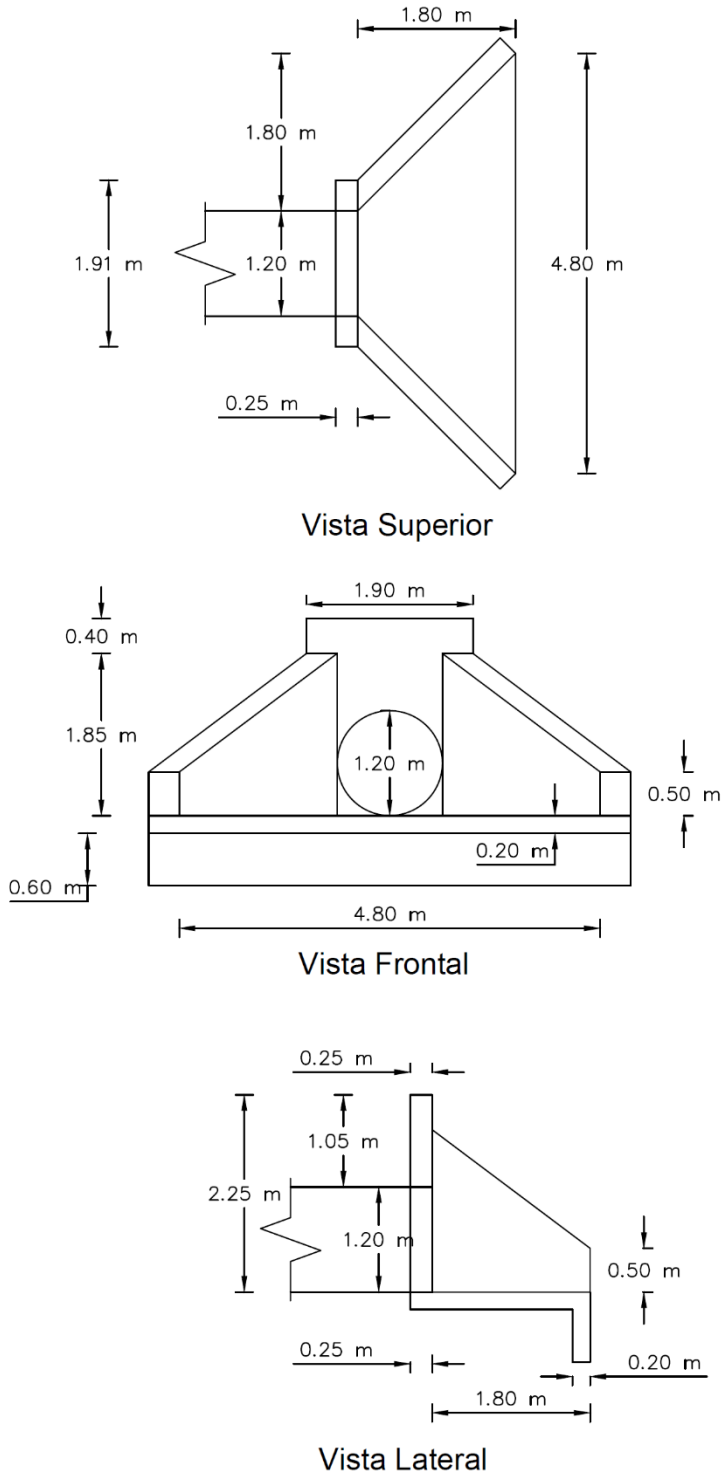
Vista Lateral



Vista Frontal

Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

L.4. Dimensiones de la estructura de entrada y salida tipo ala para alcantarillas circulares de 1200 mm.



Elaborado por: Sebastián Bolaños A.

ANEXO M

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

M.1. Análisis de precios unitarios para la vía 9T_LCH2_1.

Código: 301-6.06 (2)
Descripción: Remoción de alcantarillas de tubería de drenaje (Hormigón)
Unidad: m

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramientas manuales	hora	1.0000	0.80	1.0000	0.80
Retroexcavadora. 75 HP.	hora	1.0000	30.00	0.0625	1.88
Volquete de 6 m3.- 210 HP.	hora	0.5000	24.00	0.0625	0.75
				Subtotal de Equipo:	3.43

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
			Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer Licencia Tipo E	1.0000	4.67	0.0313	0.15
Operador de retroexcavadora	1.0000	3.57	0.0625	0.22
Peón	4.0000	3.18	0.0625	0.80
			Subtotal de Mano de Obra:	1.17
			Costo Directo Total:	4.60

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	0.92

Precio Unitario Total 5.52

Código: 302 (1)
Descripción: Desbroce, desbosque y limpieza
Unidad: ha

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Tractor de 190 HP	hora	1.0000	70.00	0.0830	5.81
Tractor de 320 HP	hora	1.0000	97.36	0.0830	8.08
Volquete 9 m3	hora	1.0000	20.00	0.0830	1.66
Motosierra 3 HP	hora	2.0000	2.50	0.0830	0.42
Excavadora de oruga	hora	1.0000	95.00	0.0830	7.89
Herramientas manuales	hora	1.0000	0.25	0.0830	0.02
				Subtotal de Equipo:	23.88

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
			Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	1.0000	3.18	4.0000	12.72
Albañil, Operador de equipo liviano	2.0000	3.22	4.0000	25.76
Maestro de obra	2.0000	3.57	4.0000	28.56
Operador de excavadora	2.0000	3.57	4.0000	28.56
Operador de tractor	2.0000	3.57	4.0000	28.56
Ayudante de maquinaria	2.0000	3.22	4.0000	25.76
Chofer Licencia Tipo E	13.0000	4.67	4.0000	242.84
			Subtotal de Mano de Obra:	392.76
			Costo Directo Total:	416.64

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	83.33

Precio Unitario Total 499.97

Código: 303-4 (2)
Descripción: Excavación en suelo
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Excavadora de orugas. 130 HP.	hora	1.0000	50.00	0.0200	1.00
				Subtotal de Equipo:	1.00

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
			Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Operador de excavadora	1.0000	3.57	0.0200	0.07
Ayudante de maquinaria	1.0000	3.22	0.0159	0.05
Peón	1.0000	3.18	0.0159	0.05
			Subtotal de Mano de Obra:	0.17
			Costo Directo Total:	1.17

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	0.23

Precio Unitario Total 1.40

Código: 304-6 (1)
Descripción: Excavación para estructuras
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Retroexcavadora. 75 HP.	hora	1.0000	30.00	0.0833	2.50
Compactador Mecánico. 5 HP.	hora	0.3000	4.00	0.0833	0.10
Equipo menor (%MO)	%MO	5%MO			0.12
				Subtotal de Equipo:	2.72

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Material de mejoramiento	m3	0.3000	6.00	1.80
			Subtotal de Materiales:	1.80

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	1.0000	3.22	0.0833	0.27
Operador de retroexcavadora	1.0000	3.57	0.0833	0.30
Peóm	6.0000	3.18	0.0833	1.59
Inspector de obra	1.0000	3.57	0.0417	0.15
			Subtotal de Mano de Obra:	2.31
			Costo Directo Total:	6.83

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	1.37
Precio Unitario Total		8.20

Código: 304-6 (2)
Descripción: Excavación para cunetas y encauzamientos
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor (%MO)	%MO	5%MO			0.13
				Subtotal de Equipo:	0.13

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
			Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
			Subtotal de Transporte:		0.00

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	2.0000	3.18	0.2667	1.70
Maestro de obra	1.0000	3.57	0.2667	0.95
		Subtotal de Mano de Obra:		2.65
		Costo Directo Total:		2.78

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	0.56
Precio Unitario Total		3.34

Código: 309-2 (2)
Descripción: Transporte de material de excavación (transporte libre 500 m)
Unidad: m3-km

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Cargadora frontal. 150 HP.	hora	1.0000	52.00	0.0020	0.10
Volquete de 8 m3. 270 HP.	hora	8.0000	25.26	0.0020	0.40
				Subtotal de Equipo:	0.50

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
			Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer Licencia Tipo E	1.0000	4.67	0.0020	0.01
Ayudante de maquinaria	1.0000	3.22	0.0020	0.01
Operador de cargadora frontal	1.0000	3.57	0.0020	0.01
			Subtotal de Mano de Obra:	0.03
			Costo Directo Total:	0.53

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	0.11
Precio Unitario Total		0.64

Código: 310 (1)
Descripción: Escombrera
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Tractor con 220 HP. Con roturador	hora	1.0000	90.00	0.0100	0.90
				Subtotal de Equipo:	0.90

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
			Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
				Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Operador de tractor	1.0000	3.57	0.0100	0.04
Peón	1.0000	3.18	0.0100	0.03
			Subtotal de Mano de Obra:	0.07
			Costo Directo Total:	0.97

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	0.19

Precio Unitario Total 1.16

Código: 401-3.4 (1)
Descrip.: Estabilización de la subrasante con cal hidratada
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Motoniveladora. 150HP	hora	1.0000	50.00	0.0120	0.60
Tractor con 220 HP. Con roturador	hora	1.0000	90.00	0.0120	1.08
Rodillo liso vibratorio. 10 TON.	hora	1.0000	35.00	0.0120	0.42
Carro cisterna. 2000 GAL.	hora	1.0000	30.00	0.0120	0.36
				Subtotal de Equipo:	2.46

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Cal	kg	53.1900	0.16	8.51
			Subtotal de Materiales:	8.51

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.0532	0.21	17.0000	0.19
				Subtotal de Transporte:	0.19

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Operador de motoniveladora	1.0000	3.57	0.0120	0.04
Operador de rodillo compactador	1.0000	3.39	0.0120	0.04
Operador de tractor	1.0000	3.57	0.0120	0.04
Chofer Licencia Tipo E	1.0000	4.67	0.0120	0.06
Cadenero	1.0000	3.22	0.0120	0.04
Peón	1.0000	3.18	0.0120	0.04
			Subtotal de Mano de Obra:	0.26

Costo Directo Total:	11.42

COSTOS INDIRECTOS

20 %	2.28

Precio Unitario Total 13.70

Código: 403-1 (2)
Descripción: Subbase (Material Seleccionado para caminos tipo 6)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Motoniveladora. 150HP	hora	1.0000	51.22	0.1000	5.12
Rodillo liso 125 HP	hora	1.0000	18.31	0.1000	1.83
Tanquero	hora	1.0000	18.36	0.0110	0.20
				Subtotal de Equipo:	7.15

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Agua	m3	0.2000	1.50	0.30
Material Seleccionado	m3	1.0000	3.00	3.00
			Subtotal de Materiales:	3.30

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales	m3-km	1.3000	0.27	23.6800	8.31
				Subtotal de Transporte:	8.31

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer Licencia Tipo E	1.0000	3.57	0.0120	0.04
Operador de motoniveladora	1.0000	3.39	0.0120	0.04
Peón	3.0000	3.22	0.0120	0.12
Operador de rodillo compactador	1.0000	3.39	0.0120	0.04
Ayudante de op. maquinaria	1.0000	3.22	0.0120	0.04
			Subtotal de Mano de Obra:	0.28

Costo Directo Total:	19.04

COSTOS INDIRECTOS

20 %	3.81

Precio Unitario Total 22.85

Código: 404-1
Descripción: Base Clase 4
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Motoniveladora. 150HP	hora	1.0000	51.22	0.0072	0.37
Rodillo liso 125 HP	hora	1.0000	18.31	0.0082	0.15
Tanquero	hora	1.0000	18.36	0.0057	0.10
				Subtotal de Equipo:	0.62

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Base clase 4	m3	1.0000	11.50	11.50
			Subtotal de Materiales:	11.50

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales	m3-km	1.3000	0.27	23.6800	8.31
				Subtotal de Transporte:	8.31

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer Licencia Tipo E	1.0000	3.57	0.0082	0.03
Operador de motoniveladora	1.0000	3.39	0.0082	0.03
Peón	3.0000	3.22	0.0082	0.08
Operador de rodillo compactador	1.0000	3.39	0.0082	0.03
Ayudante de op. maquinaria	1.0000	3.22	0.0082	0.03
			Subtotal de Mano de Obra:	0.20
			Costo Directo Total:	20.63

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	4.13

Precio Unitario Total 24.76

Código: 503 (2)1

Descripción: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=280 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Vibrador de manguera	hora	1.0000	2.50	0.5000	1.25
Cargadora 130HP	hora	1.0000	40.00	0.5000	20.00
Planta de hormigon ELBA (capacidad 30m3/h)	hora	1.0000	30.59	0.5000	15.30
Planta dosificadora	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Mixer	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Herramienta menor	hora	1.0000	0.25	0.5000	0.13
				Subtotal de Equipo:	66.68

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Arena	m3	0.6500	16.00	10.40
Grava	m3	0.9500	14.00	13.30
Cemento Portland Tipo 1	kg	375.0000	0.15	56.25
Encofrado y desencofrado elementos rectos	m2	0.6000	42.22	25.33
			Subtotal de Materiales:	105.55

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	23.6800	7.46
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3400	0.21	17.0000	1.21
				Subtotal de Transporte:	8.67

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	6.0000	3.18	1.0000	19.08
Albañil, Operador de equipo liviano	4.0000	3.22	1.0000	12.88
Operador de cargadora frontal	1.0000	3.57	1.0000	3.57
Técnico de obras civiles	1.0000	3.39	1.0000	3.39
			Subtotal de Mano de Obra:	38.92
			Costo Directo Total:	219.82

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	43.96

Precio Unitario Total 263.78

Código: 503 (2)2
Descripción: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Vibrador de manguera	hora	1.0000	2.50	0.5000	1.25
Cargadora 130HP	hora	1.0000	40.00	0.5000	20.00
Planta de hormigon ELBA (capacidad 30m3/h)	hora	1.0000	30.59	0.5000	15.30
Planta dosificadora	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Mixer	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Herramienta menor	hora	1.0000	0.25	0.5000	0.13
				Subtotal de Equipo:	66.68

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	340.0000	0.15	51.00
Encofrado metalico recto	m2	0.6000	3.70	2.22
			Subtotal de Materiales:	75.69

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	23.6800	7.46
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3400	0.21	17.0000	1.21
				Subtotal de Transporte:	8.67

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	6.0000	3.18	1.0000	19.08
Albañil, Operador de equipo liviano	4.0000	3.22	1.0000	12.88
Operador de cargadora frontal	1.0000	3.57	1.0000	3.57
Técnico de obras civiles	1.0000	3.39	1.0000	3.39
			Subtotal de Mano de Obra:	38.92
			Costo Directo Total:	189.96

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	37.99

Precio Unitario Total 227.95

Código: 503 (3)
Descripción: Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concretera de 1 Saco	hora	1.0000	4.00	0.7143	2.86
Herramientas Manuales	hora	1.0000	0.80	0.7143	0.57
				Subtotal de Equipo:	3.43

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	320.0000	0.15	48.00
Encofrado recto p/Cunetas y bordillos	m3	9.0000	0.85	7.65
			Subtotal de Materiales:	78.12

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	23.6800	7.46
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3200	0.21	17.0000	1.14
				Subtotal de Transporte:	8.60

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	1.0000	3.22	0.7143	2.30
Peón	2.0000	3.18	0.7143	4.54
			Subtotal de Mano de Obra:	6.84
			Costo Directo Total:	96.99

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	19.40

Precio Unitario Total 116.39

Código: 504 (1)
Descripción: Acero de refuerzo en barras (f'y=4200 kg/cm2)
Unidad: kg

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramientas Manuales	hora	1.0000	0.80	0.0222	0.02
Cizalla	hora	1.0000	0.50	0.0222	0.01
Dobladora de hierro	hora	1.0000	0.70	0.0222	0.02
				Subtotal de Equipo:	0.05

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Acerro de refuerzo en barras. fý=4.200 kg/cm2.	kg	1.0500	1.45	1.52
Alambre de amarre negro	kg	0.1000	1.40	0.14
			Subtotal de Materiales:	1.66

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	1.0500	0.21	17.0000	3.75
				Subtotal de Transporte:	3.75

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	2.0000	3.22	0.0222	0.14
Maestro de obra	1.0000	3.57	0.0111	0.04
Peón	1.0000	3.18	0.0222	0.07
			Subtotal de Mano de Obra:	0.25
			Costo Directo Total:	5.71

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	1.14

Precio Unitario Total 6.85

Código: 602 (2A)1
Descripción: Tubería de acero corrugado (D=600 mm, e=2.00 mm)
Unidad: m

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor (%MO)	%MO	5%MO			0.43
				Subtotal de Equipo:	0.43

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Tubería metálica corrugada D=600 mm. e=2.00 mm.	m	1.0000	118.81	118.81
			Subtotal de Materiales:	118.81

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de tubería metálica corrugada	T-km	0.0500	0.32	17.0000	0.27
				Subtotal de Transporte:	0.27

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	1.0000	3.22	0.3333	1.07
Maestro de obra	1.0000	3.57	0.3333	1.19
Peón	6.0000	3.18	0.3333	6.36
			Subtotal de Mano de Obra:	8.62
			Costo Directo Total:	128.13

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	25.63

Precio Unitario Total 153.76

Código: 602 (2A)2
Descripción: Tubería de acero corrugado (D=1200 mm, e=2.00 mm)
Unidad: m

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo menor (%MO)	%MO	5%MO			0.43
				Subtotal de Equipo:	0.43

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Tubería metálica corrugada D=1200 mm. e=2.00 mm.	m	1.0000	132.94	132.94
			Subtotal de Materiales:	132.94

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de tubería metálica corrugada	T-km	0.0500	0.32	17.0000	0.27
				Subtotal de Transporte:	0.27

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	1.0000	3.22	0.3333	1.07
Maestro de obra	1.0000	3.57	0.3333	1.19
Peón	6.0000	3.18	0.3333	6.36
			Subtotal de Mano de Obra:	8.62
			Costo Directo Total:	142.26

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	28.45

Precio Unitario Total 170.71

Código: 709-1
Descripción: Señalización Vertical.(0.60 m. x 1.20 m.)
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramientas manuales	hora	1.0000	0.80	1.0000	0.80
				Subtotal de Equipo:	0.80

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Letrero de señalización vertical. 1.20 x 0.60 (un poste)	u	0.8800	58.00	51.04
Empotramiento de poste.(uno)	Global	1.0680	7.00	7.48
			Subtotal de Materiales:	58.52

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	1.0000	0.21	17.0000	3.57
				Subtotal de Transporte:	3.57

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	1.0000	3.22	0.5000	1.61
Maestro de obra	1.0000	3.57	0.5000	1.79
Peón	4.0000	3.18	0.7500	9.54
			Subtotal de Mano de Obra:	12.94

Costo Directo Total:	75.83

COSTOS INDIRECTOS

20 %	15.17

Precio Unitario Total	91.00

Para los caminos vecinales tipo 4, se toma el mismo análisis de precios unitarios realizado en la vía 9T_LCH2_1, para los siguientes rubros: 302 (1), 303-4 (2), 304-6 (1), 304-6 (2), 309-2 (2), 310 (1), 504 (1), 602 (2A)2, y 709-1. El análisis de los demás rubros se muestra a continuación en los Anexos M2 a M7.

M.2. Análisis de precios unitarios para la vía 37V_LCH2_2.

Código: 401-3.4 (1)
Descrip.: Estabilización de la subrasante con cal hidratada
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Motoniveladora. 150HP	hora	1.0000	50.00	0.0120	0.60
Tractor con 220 HP. Con roturador	hora	1.0000	90.00	0.0120	1.08
Rodillo liso vibratorio. 10 TON.	hora	1.0000	35.00	0.0120	0.42
Carro cisterna. 2000 GAL.	hora	1.0000	30.00	0.0120	0.36
				Subtotal de Equipo:	2.46

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Cal	kg	39.8900	0.16	6.38
			Subtotal de Materiales:	6.38

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.0399	0.21	17.0000	0.14
				Subtotal de Transporte:	0.14

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Operador de motoniveladora	1.0000	3.57	0.0120	0.04
Operador de rodillo compactador	1.0000	3.39	0.0120	0.04
Operador de tractor	1.0000	3.57	0.0120	0.04
Chofer Licencia Tipo E	1.0000	4.67	0.0120	0.06
Cadenero	1.0000	3.22	0.0120	0.04
Peón	1.0000	3.18	0.0120	0.04
			Subtotal de Mano de Obra:		0.26
			Costo Directo Total:		9.24

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	1.85

Precio Unitario Total 11.09

Código: 403-1 (1)
Descripción: Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Motoniveladora. 140HP	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Rodillo liso 125 HP	hora	1.0000	38.00	0.0058	0.22
Volquete 14 m3	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Camion cisterna 8 m3, 250HP	hora	1.0000	35.00	0.0058	0.20
				Subtotal de Equipo:	0.94

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Subbase Clase 2	m3	1.0000	9.00	9.00
			Subtotal de Materiales:	9.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales	m3-km	1.3000	0.27	30.0300	10.54
				Subtotal de Transporte:	10.54

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer Licencia Tipo E	2.0000	3.57	0.0058	0.04
Operador de motoniveladora	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Peón	3.0000	3.22	0.0058	0.06
Operador de rodillo compactador	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Ayudante de op. maquinaria	1.0000	3.22	0.0058	0.02
			Subtotal de Mano de Obra:	0.16

Costo Directo Total: 20.64

COSTOS INDIRECTOS

20 % 4.13

Precio Unitario Total 24.77

Código: 503 (2)2
Descripción: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Vibrador de manguera	hora	1.0000	2.50	0.5000	1.25
Cargadora 130HP	hora	1.0000	40.00	0.5000	20.00
Planta de hormigon ELBA (capacidad 30m3/h)	hora	1.0000	30.59	0.5000	15.30
Planta dosificadora	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Mixer	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Herramienta menor	hora	1.0000	0.25	0.5000	0.13
				Subtotal de Equipo:	66.68

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	340.0000	0.15	51.00
Encofrado metalico recto	m2	0.6000	3.70	2.22
			Subtotal de Materiales:	75.69

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	30.0300	9.46
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3400	0.21	17.0000	1.21
				Subtotal de Transporte:	10.67

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	6.0000	3.18	1.0000	19.08
Albañil, Operador de equipo liviano	4.0000	3.22	1.0000	12.88
Operador de cargadora frontal	1.0000	3.57	1.0000	3.57
Técnico de obras civiles	1.0000	3.39	1.0000	3.39
			Subtotal de Mano de Obra:	38.92

Costo Directo Total: 191.96

COSTOS INDIRECTOS

20 % 38.39

Precio Unitario Total 230.35

Código: 503 (3)
Descripción: Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concretera de 1 Saco	hora	1.0000	4.00	0.7143	2.86
Herramientas Manuales	hora	1.0000	0.80	0.7143	0.57
				Subtotal de Equipo:	3.43

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	320.0000	0.15	48.00
Encofrado recto p/Cunetas y bordillos	m3	9.0000	0.85	7.65
			Subtotal de Materiales:	78.12

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	30.0300	9.46
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3200	0.21	17.0000	1.14
				Subtotal de Transporte:	10.60

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	1.0000	3.22	0.7143	2.30
Peón	2.0000	3.18	0.7143	4.54
			Subtotal de Mano de Obra:	6.84
			Costo Directo Total:	98.99

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	19.80

Precio Unitario Total 118.79

El análisis de precios unitarios del rubro 401-3.4 (1) realizado para la vía 37V_LCH2_2, es el mismo para los demás caminos vecinales tipo 4.

M.3. Análisis de precios unitarios para la vía 40V_LCH2_1.

Código: 403-1 (1)
Descripción: Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Motoniveladora. 140HP	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Rodillo liso 125 HP	hora	1.0000	38.00	0.0058	0.22
Volquete 14 m3	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Camion cisterna 8 m3, 250HP	hora	1.0000	35.00	0.0058	0.20
				Subtotal de Equipo:	0.94

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Subbase Clase 2	m3	1.0000	9.00	9.00
			Subtotal de Materiales:	9.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales	m3-km	1.3000	0.27	13.6200	4.78
				Subtotal de Transporte:	4.78

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer Licencia Tipo E	2.0000	3.57	0.0058	0.04
Operador de motoniveladora	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Peón	3.0000	3.22	0.0058	0.06
Operador de rodillo compactador	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Ayudante de op. maquinaria	1.0000	3.22	0.0058	0.02
			Subtotal de Mano de Obra:	0.16
			Costo Directo Total:	14.88

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	2.98

Precio Unitario Total 17.86

Código: 503 (2)2
Descripción: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Vibrador de manguera	hora	1.0000	2.50	0.5000	1.25
Cargadora 130HP	hora	1.0000	40.00	0.5000	20.00
Planta de hormigon ELBA (capacidad 30m3/h)	hora	1.0000	30.59	0.5000	15.30
Planta dosificadora	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Mixer	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Herramienta menor	hora	1.0000	0.25	0.5000	0.13
				Subtotal de Equipo:	66.68

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	340.0000	0.15	51.00
Encofrado metalico recto	m2	0.6000	3.70	2.22
			Subtotal de Materiales:	75.69

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	13.6200	4.29
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3400	0.21	17.0000	1.21
				Subtotal de Transporte:	5.50

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	6.0000	3.18	1.0000	19.08
Albañil, Operador de equipo liviano	4.0000	3.22	1.0000	12.88
Operador de cargadora frontal	1.0000	3.57	1.0000	3.57
Técnico de obras civiles	1.0000	3.39	1.0000	3.39
			Subtotal de Mano de Obra:	38.92

Costo Directo Total:	186.79

COSTOS INDIRECTOS

20 %	37.36

Precio Unitario Total	224.15

Código: 503 (3)
Descripción: Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concretera de 1 Saco	hora	1.0000	4.00	0.7143	2.86
Herramientas Manuales	hora	1.0000	0.80	0.7143	0.57
				Subtotal de Equipo:	3.43

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	320.0000	0.15	48.00
Encofrado recto p/Cunetas y bordillos	m3	9.0000	0.85	7.65
			Subtotal de Materiales:	78.12

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	13.6200	4.29
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3200	0.21	17.0000	1.14
				Subtotal de Transporte:	5.43

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	1.0000	3.22	0.7143	2.30
Peón	2.0000	3.18	0.7143	4.54
			Subtotal de Mano de Obra:	6.84
			Costo Directo Total:	93.82

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	18.76

Precio Unitario Total 112.58

M.4. Análisis de precios unitarios para la vía 91V_LCH2_1.

Código: 403-1 (1)
Descripción: Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Motoniveladora. 140HP	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Rodillo liso 125 HP	hora	1.0000	38.00	0.0058	0.22
Volquete 14 m3	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Camion cisterna 8 m3, 250HP	hora	1.0000	35.00	0.0058	0.20
				Subtotal de Equipo:	0.94

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Subbase Clase 2	m3	1.0000	9.00	9.00
			Subtotal de Materiales:	9.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales	m3-km	1.3000	0.27	31.3100	10.99
				Subtotal de Transporte:	10.99

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer Licencia Tipo E	2.0000	3.57	0.0058	0.04
Operador de motoniveladora	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Peón	3.0000	3.22	0.0058	0.06
Operador de rodillo compactador	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Ayudante de op. maquinaria	1.0000	3.22	0.0058	0.02
			Subtotal de Mano de Obra:	0.16

Costo Directo Total:	21.09

COSTOS INDIRECTOS

20 %	4.22

Precio Unitario Total	25.31

Código: 503 (2)2
Descripción: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Vibrador de manguera	hora	1.0000	2.50	0.5000	1.25
Cargadora 130HP	hora	1.0000	40.00	0.5000	20.00
Planta de hormigon ELBA (capacidad 30m3/h)	hora	1.0000	30.59	0.5000	15.30
Planta dosificadora	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Mixer	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Herramienta menor	hora	1.0000	0.25	0.5000	0.13
				Subtotal de Equipo:	66.68

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	340.0000	0.15	51.00
Encofrado metalico recto	m2	0.6000	3.70	2.22
			Subtotal de Materiales:	75.69

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	31.3100	9.86
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3400	0.21	17.0000	1.21
				Subtotal de Transporte:	11.07

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	6.0000	3.18	1.0000	19.08
Albañil, Operador de equipo liviano	4.0000	3.22	1.0000	12.88
Operador de cargadora frontal	1.0000	3.57	1.0000	3.57
Técnico de obras civiles	1.0000	3.39	1.0000	3.39
			Subtotal de Mano de Obra:	38.92

Costo Directo Total: 192.36

COSTOS INDIRECTOS

20 % 38.47

Precio Unitario Total 230.83

Código: 503 (3)
Descripción: Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concretera de 1 Saco	hora	1.0000	4.00	0.7143	2.86
Herramientas Manuales	hora	1.0000	0.80	0.7143	0.57
				Subtotal de Equipo:	3.43

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	320.0000	0.15	48.00
Encofrado recto p/Cunetas y bordillos	m3	9.0000	0.85	7.65
			Subtotal de Materiales:	78.12

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	31.3100	9.86
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3200	0.21	17.0000	1.14
				Subtotal de Transporte:	11.00

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	1.0000	3.22	0.7143	2.30
Peón	2.0000	3.18	0.7143	4.54
			Subtotal de Mano de Obra:	6.84
			Costo Directo Total:	99.39

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	19.88

Precio Unitario Total 119.27

M.5. Análisis de precios unitarios para la vía 93V_LCH2_1.

Código: 403-1 (1)
Descripción: Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Motoniveladora. 140HP	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Rodillo liso 125 HP	hora	1.0000	38.00	0.0058	0.22
Volquete 14 m3	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Camion cisterna 8 m3, 250HP	hora	1.0000	35.00	0.0058	0.20
				Subtotal de Equipo:	0.94

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Subbase Clase 2	m3	1.0000	9.00	9.00
			Subtotal de Materiales:	9.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales	m3-km	1.3000	0.27	28.4400	9.98
				Subtotal de Transporte:	9.98

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer Licencia Tipo E	2.0000	3.57	0.0058	0.04
Operador de motoniveladora	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Peón	3.0000	3.22	0.0058	0.06
Operador de rodillo compactador	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Ayudante de op. maquinaria	1.0000	3.22	0.0058	0.02
			Subtotal de Mano de Obra:	0.16

Costo Directo Total: 20.08

COSTOS INDIRECTOS

20 % 4.02

Precio Unitario Total 24.10

Código: 503 (2)2
Descripción: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Vibrador de manguera	hora	1.0000	2.50	0.5000	1.25
Cargadora 130HP	hora	1.0000	40.00	0.5000	20.00
Planta de hormigon ELBA (capacidad 30m3/h)	hora	1.0000	30.59	0.5000	15.30
Planta dosificadora	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Mixer	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Herramienta menor	hora	1.0000	0.25	0.5000	0.13
				Subtotal de Equipo:	66.68

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	340.0000	0.15	51.00
Encofrado metalico recto	m2	0.6000	3.70	2.22
			Subtotal de Materiales:	75.69

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	28.4400	8.96
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3400	0.21	17.0000	1.21
				Subtotal de Transporte:	10.17

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	6.0000	3.18	1.0000	19.08
Albañil, Operador de equipo liviano	4.0000	3.22	1.0000	12.88
Operador de cargadora frontal	1.0000	3.57	1.0000	3.57
Técnico de obras civiles	1.0000	3.39	1.0000	3.39
			Subtotal de Mano de Obra:	38.92

Costo Directo Total: 191.46

COSTOS INDIRECTOS

20 % 38.29

Precio Unitario Total 229.75

Código: 503 (3)
Descripción: Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concretera de 1 Saco	hora	1.0000	4.00	0.7143	2.86
Herramientas Manuales	hora	1.0000	0.80	0.7143	0.57
				Subtotal de Equipo:	3.43

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	320.0000	0.15	48.00
Encofrado recto p/Cunetas y bordillos	m3	9.0000	0.85	7.65
			Subtotal de Materiales:	78.12

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	28.4400	8.96
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3200	0.21	17.0000	1.14
				Subtotal de Transporte:	10.10

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	1.0000	3.22	0.7143	2.30
Peón	2.0000	3.18	0.7143	4.54
			Subtotal de Mano de Obra:	6.84
			Costo Directo Total:	98.49

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	19.70

Precio Unitario Total 118.19

M.6. Análisis de precios unitarios para la vía 101V_AGT_1.

Código: 403-1 (1)
Descripción: Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Motoniveladora. 140HP	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Rodillo liso 125 HP	hora	1.0000	38.00	0.0058	0.22
Volquete 14 m3	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Camion cisterna 8 m3, 250HP	hora	1.0000	35.00	0.0058	0.20
				Subtotal de Equipo:	0.94

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Subbase Clase 2	m3	1.0000	9.00	9.00
			Subtotal de Materiales:	9.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales	m3-km	1.3000	0.27	12.3300	4.33
				Subtotal de Transporte:	4.33

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer Licencia Tipo E	2.0000	3.57	0.0058	0.04
Operador de motoniveladora	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Peón	3.0000	3.22	0.0058	0.06
Operador de rodillo compactador	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Ayudante de op. maquinaria	1.0000	3.22	0.0058	0.02
			Subtotal de Mano de Obra:	0.16

Costo Directo Total:	14.43

COSTOS INDIRECTOS

20 %	2.89

Precio Unitario Total 17.32

Código: 503 (2)2
Descripción: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Vibrador de manguera	hora	1.0000	2.50	0.5000	1.25
Cargadora 130HP	hora	1.0000	40.00	0.5000	20.00
Planta de hormigon ELBA (capacidad 30m3/h)	hora	1.0000	30.59	0.5000	15.30
Planta dosificadora	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Mixer	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Herramienta menor	hora	1.0000	0.25	0.5000	0.13
				Subtotal de Equipo:	66.68

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	340.0000	0.15	51.00
Encofrado metalico recto	m2	0.6000	3.70	2.22
			Subtotal de Materiales:	75.69

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	12.3300	3.88
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3400	0.21	17.0000	1.21
				Subtotal de Transporte:	5.09

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	6.0000	3.18	1.0000	19.08
Albañil, Operador de equipo liviano	4.0000	3.22	1.0000	12.88
Operador de cargadora frontal	1.0000	3.57	1.0000	3.57
Técnico de obras civiles	1.0000	3.39	1.0000	3.39
			Subtotal de Mano de Obra:	38.92

Costo Directo Total: 186.38

COSTOS INDIRECTOS

20 % 37.28

Precio Unitario Total 223.66

Código: 503 (3)
Descripción: Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concretera de 1 Saco	hora	1.0000	4.00	0.7143	2.86
Herramientas Manuales	hora	1.0000	0.80	0.7143	0.57
				Subtotal de Equipo:	3.43

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	320.0000	0.15	48.00
Encofrado recto p/Cunetas y bordillos	m3	9.0000	0.85	7.65
			Subtotal de Materiales:	78.12

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	12.3300	3.88
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3200	0.21	17.0000	1.14
				Subtotal de Transporte:	5.02

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	1.0000	3.22	0.7143	2.30
Peón	2.0000	3.18	0.7143	4.54
			Subtotal de Mano de Obra:	6.84
			Costo Directo Total:	93.41

COSTOS INDIRECTOS

	20 %	18.68

Precio Unitario Total 112.09

M.7. Análisis de precios unitarios para la vía 126V_AGT_2.

Código: 403-1 (1)
Descripción: Subbase Clase 2 (para caminos tipo 4)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Motoniveladora. 140HP	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Rodillo liso 125 HP	hora	1.0000	38.00	0.0058	0.22
Volquete 14 m3	hora	1.0000	45.00	0.0058	0.26
Camion cisterna 8 m3, 250HP	hora	1.0000	35.00	0.0058	0.20
				Subtotal de Equipo:	0.94

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Subbase Clase 2	m3	1.0000	9.00	9.00
			Subtotal de Materiales:	9.00

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de materiales	m3-km	1.3000	0.27	9.8500	3.46
				Subtotal de Transporte:	3.46

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Chofer Licencia Tipo E	2.0000	3.57	0.0058	0.04
Operador de motoniveladora	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Peón	3.0000	3.22	0.0058	0.06
Operador de rodillo compactador	1.0000	3.39	0.0058	0.02
Ayudante de op. maquinaria	1.0000	3.22	0.0058	0.02
			Subtotal de Mano de Obra:	0.16

Costo Directo Total:	13.56

COSTOS INDIRECTOS

20 %	2.71

Precio Unitario Total 16.27

Código: 503 (2)2
Descripción: Hormigón estructural de cemento Hidráulico, Clase B (f'c=210 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Vibrador de manguera	hora	1.0000	2.50	0.5000	1.25
Cargadora 130HP	hora	1.0000	40.00	0.5000	20.00
Planta de hormigon ELBA (capacidad 30m3/h)	hora	1.0000	30.59	0.5000	15.30
Planta dosificadora	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Mixer	hora	1.0000	30.00	0.5000	15.00
Herramienta menor	hora	1.0000	0.25	0.5000	0.13
				Subtotal de Equipo:	66.68

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	340.0000	0.15	51.00
Encofrado metalico recto	m2	0.6000	3.70	2.22
			Subtotal de Materiales:	75.69

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	9.8500	3.10
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3400	0.21	17.0000	1.21
				Subtotal de Transporte:	4.31

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	6.0000	3.18	1.0000	19.08
Albañil, Operador de equipo liviano	4.0000	3.22	1.0000	12.88
Operador de cargadora frontal	1.0000	3.57	1.0000	3.57
Técnico de obras civiles	1.0000	3.39	1.0000	3.39
			Subtotal de Mano de Obra:	38.92

Costo Directo Total:	185.60

COSTOS INDIRECTOS

20 %	37.12

Precio Unitario Total	222.72

Código: 503 (3)
Descripción: Hormigón simple para cunetas de vía (f'c=180 kg/cm2)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Concretera de 1 Saco	hora	1.0000	4.00	0.7143	2.86
Herramientas Manuales	hora	1.0000	0.80	0.7143	0.57
				Subtotal de Equipo:	3.43

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Arena	m3	0.6000	16.00	9.60
Grava	m3	0.9000	14.00	12.60
Agua	m3	0.1800	1.50	0.27
Cemento Portland Tipo 1	kg	320.0000	0.15	48.00
Encofrado recto p/Cunetas y bordillos	m3	9.0000	0.85	7.65
			Subtotal de Materiales:	78.12

Transporte

Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Transporte de aridos	m3-km	1.5000	0.21	9.8500	3.10
Transporte de materiales varios.(cemento, tuberias, alcantarillas, etc.)	T-km	0.3200	0.21	17.0000	1.14
				Subtotal de Transporte:	4.24

Mano de Obra

Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Albañil, Operador de equipo liviano	1.0000	3.22	0.7143	2.30
Peón	2.0000	3.18	0.7143	4.54
			Subtotal de Mano de Obra:	6.84
			Costo Directo Total:	92.63

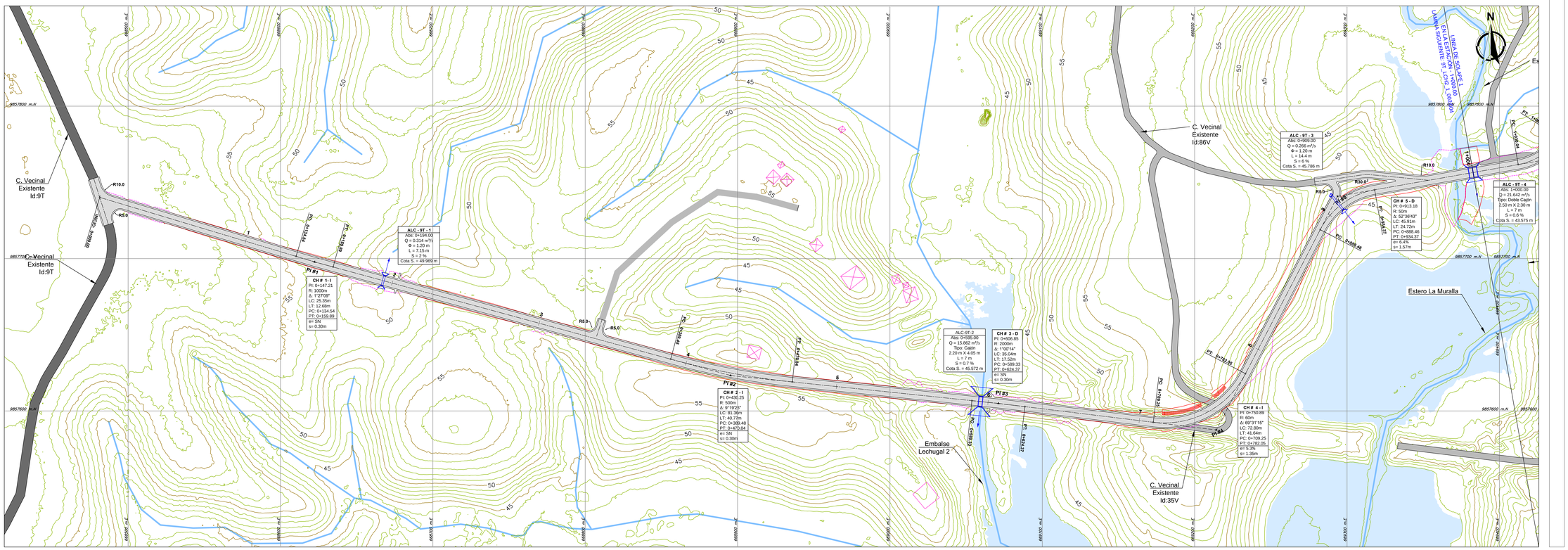
COSTOS INDIRECTOS

	20 %	18.53

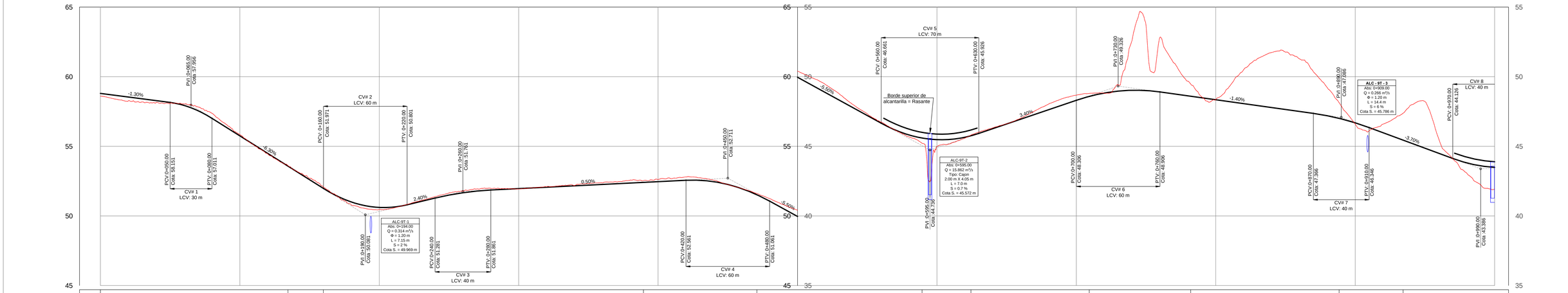
Precio Unitario Total 111.16

ANEXO N
PLANOS DEL PROYECTO

ALINEAMIENTO HORIZONTAL



ALINEAMIENTO VERTICAL



| | INICIO | | | | | | | | PC | | PT | | | | | | | | | | | | | | PC | | | | | | | | | | | | | | PT | | | | | | | | | | | | | | PC | | | | | | | | | | | | | | PT | | | | | | | | | | | | | | PC | | | | | | | | | | | | | | PT | | | | | | | | | | | | | | PC | | | | | | | | | | | | | | PT | | | | | | | | | | | | | | PC | | | | | | | | | | | | | | PT | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---

ALINEAMIENTO HORIZONTAL

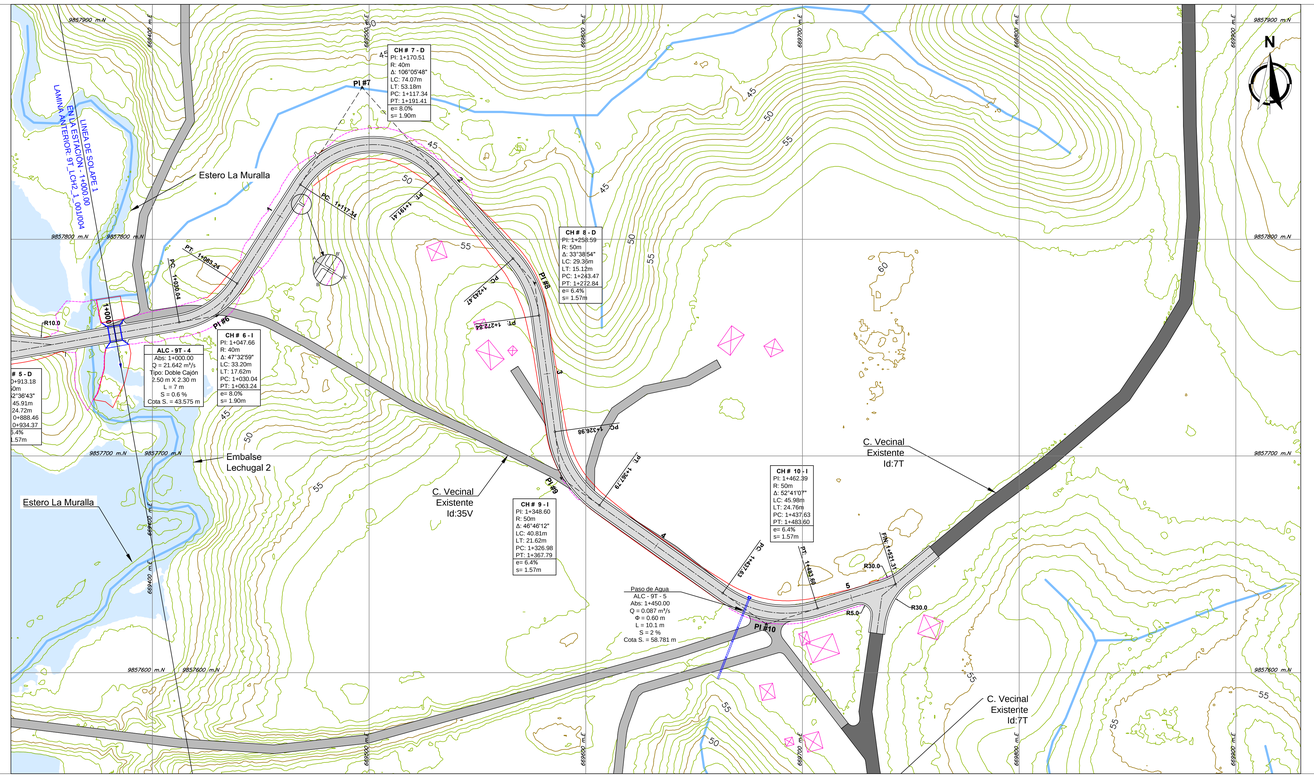
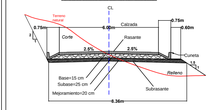


TABLA DE RESUMEN DE MATERIALES POR KM.		
MATERIAL	**UNIDAD**	**CANTIDAD**
TOTAL VOLUMEN CORTE	m3	4623.6
TOTAL VOLUMEN RELLENO	m3	1575.1
TOTAL BASE	m3	543.1
TOTAL SUBBASE	m3	998.2
TOTAL MEJORAMIENTO	m3	921.7
TOTAL VOLUMEN CUNETAS Y RAMPAS DE DESCARGA	m3	131.8

SECCIONES TIPO

CAMINO VECINAL TIPO 6

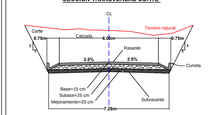
SECCIÓN TRANSVERSAL MIXTA



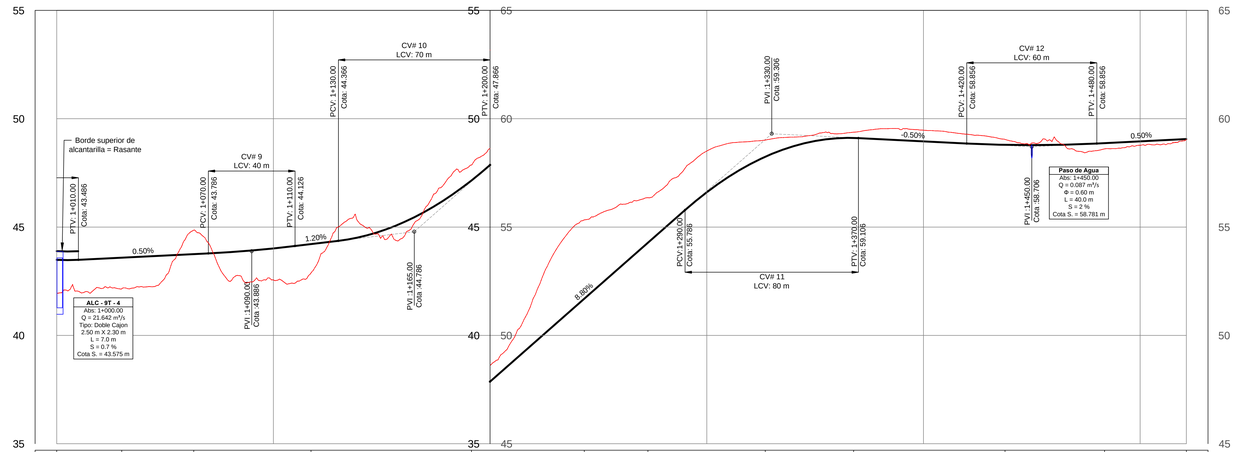
SECCIÓN TRANSVERSAL RELLENO



SECCIÓN TRANSVERSAL CORTE

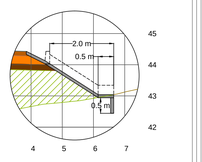


ALINEAMIENTO VERTICAL

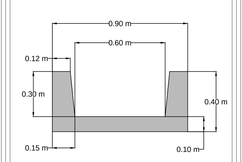


		PC			PT			PC			PT			PC			PT			PC			PT			FIN
Relleno	1.55	1.38	1.43	1.41			1.35	1.46	1.33	0.98			0.68													
Corte					0.84	1.10					0.61			0.84	0.72	0.76	2.09	3.75	3.64	2.91	2.05	1.89	1.90	1.04	0.77	0.42	0.20	0.26	0.48	0.61	0.43	0.26	0.19	0.20	0.33	0.26	0.18	0.08	0.03
Cota Terreno	41.929	42.179	42.158	42.220	44.575	44.686	42.492	42.699	43.881	43.246	45.147	44.535	47.160	47.883	48.621	51.719	50.139	50.329	50.283	56.384	56.797	56.909	56.968	57.993	58.245	58.723	59.152	59.301	59.373	59.539	59.471	59.287	59.045	58.979	59.092	58.928	58.674	58.772	58.976	59.035
Cota Proyecto	43.486	43.536	43.388	43.636	43.736	43.782	43.845	44.015	44.214	44.246	44.540	45.215	46.323	47.150	47.866	49.626	51.386	51.692	53.146	54.276	54.906	56.608	57.903	58.245	58.723	59.088	59.114	59.656	58.956	58.856	58.856	58.789	58.789	58.789	58.789	58.858	58.674	58.856	59.056	59.063
Abscisa	1+000.00	1+020.00	1+038.04	1+040.00	1+060.00	1+068.24	1+080.00	1+100.00	1+117.34	1+123.00	1+140.00	1+160.00	1+180.00	1+191.41	1+200.00	1+220.00	1+240.00	1+243.47	1+260.00	1+272.84	1+280.00	1+300.00	1+320.00	1+326.98	1+340.00	1+360.00	1+362.79	1+380.00	1+400.00	1+420.00	1+437.63	1+440.00	1+460.00	1+480.00	1+483.60	1+500.00	1+520.00	1+521.31

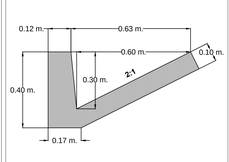
DETALLE DE LA RAMPA DE DESCARGA (CORTE A - A')



DETALLE DE LA RAMPA DE DESCARGA (CORTE B - B')



DETALLE DE LA CUNETA



ESCALAS Y PROYECCIÓN

ESCALAS DE IMPRESIÓN

E.H.: 1:1000
E.V.: 1:100

ESCALAS GRAFICAS:

ESC. 1:100
ESC. 1:1000

ELIPSOIDE ..... SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 1984
CUADRÍCULA ..... ZONA 17 (LÍNEAS NUMERADAS EN NEGRO)
PROYECCIÓN ..... UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM VERTICAL: ..... NIVEL MEDIO DEL MAR
DATUM HORIZONTAL: ..... SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 1984

SIMBOLOGIA

PROYECTO HORIZONTAL

- EJE PROYECTO
- BORDILLO
- BORDE DE CORTE
- BORDE DE RELLENO
- PI HORIZONTAL
- ALCANTARILLA
- RÍOS O QUEBRADAS
- CASAS
- EMBALSE

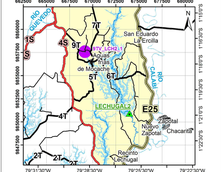
PROYECTO VERTICAL

- PROYECTO VERTICAL
- TERRENO
- PI VERTICAL
- ALCANTARILLA

CAMINOS Y VIAS EXISTENTES

- VÍA DISEÑADA
- VÍA TERCIARIA
- CAMINO VECINAL

UBICACIÓN EN EL PROYECTO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería Civil

CONTIENE:

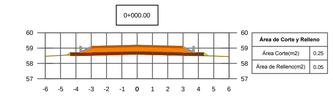
DISEÑO DEFINITIVO DE LA VÍA DE REPOSICIÓN 9T_LCH2_1

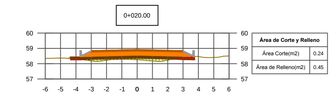
ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL (1+000.00 - 1+521.31)

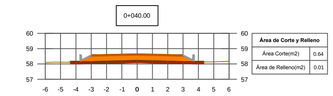
LAMINA: REP_AGT_LCH2_05/06	**ESCALA HORIZONTAL:** 1:1000 **ESCALA VERTICAL:** 1:100	**FECHA:** OCTUBRE / 2015
DISEÑO Y DIBUJO: SEBASTIÁN BOLAÑOS ABAD	**REVISIÓN:** ING. JAIME GUZMÁN CRESPO	

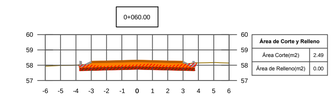
SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA DE REPOSICIÓN 9T_LCH2_1

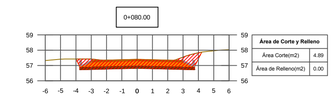
0+000.00 - 0+860.00

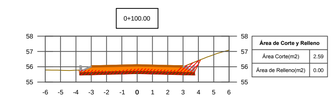


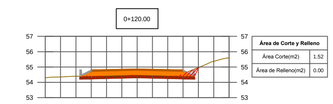




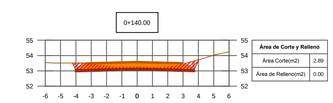


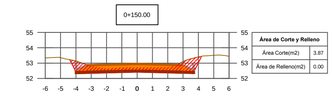


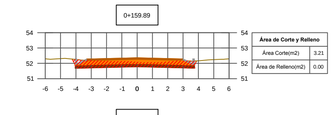


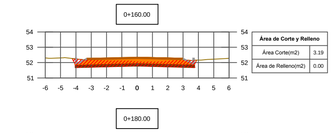


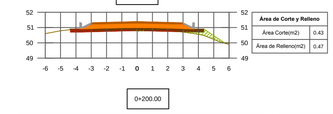


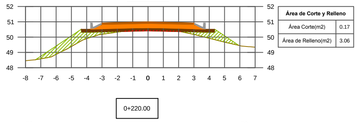


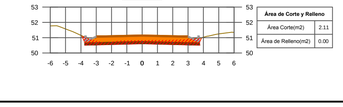


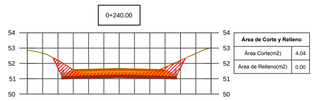


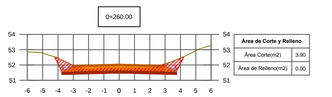


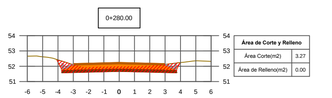


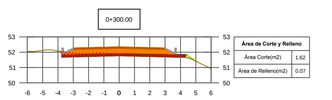


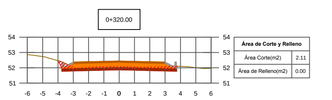


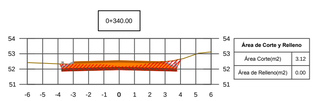


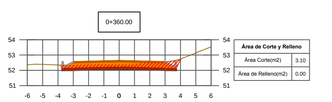


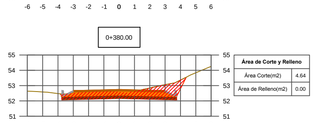


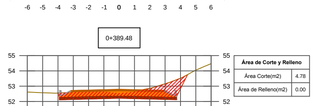


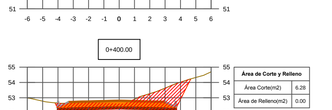


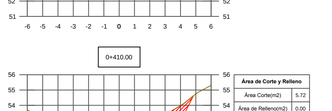


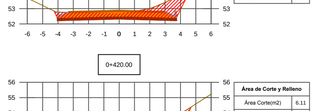


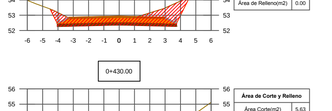


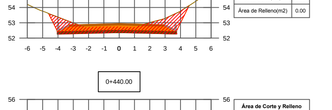


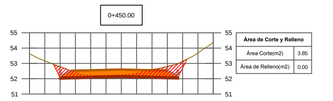


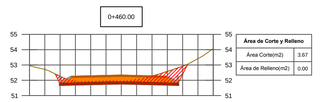


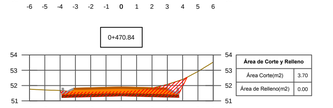


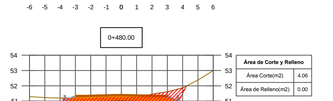


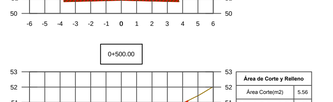




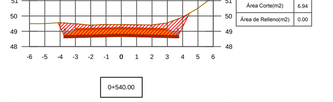


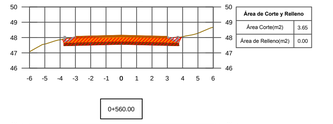


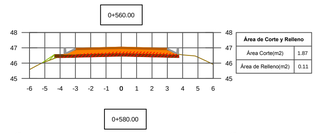


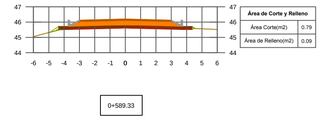


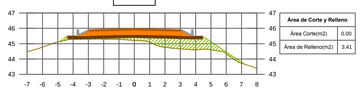


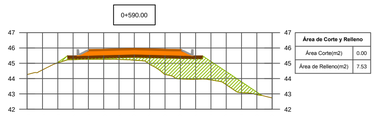


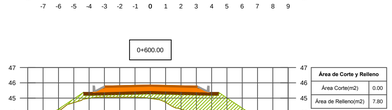




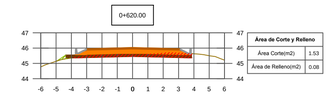


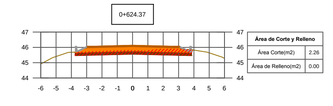


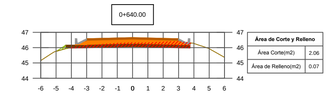


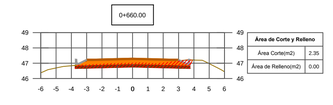


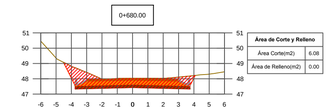


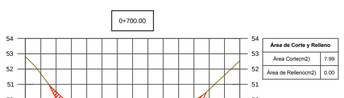


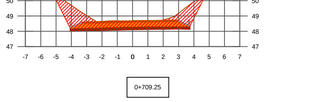


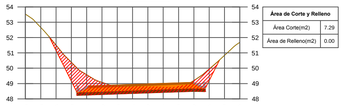


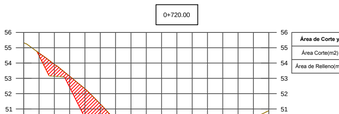


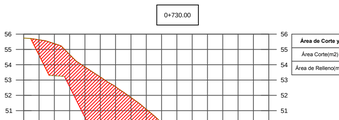


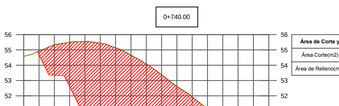


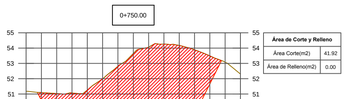


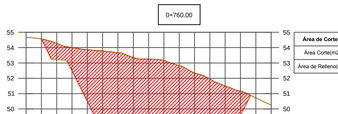


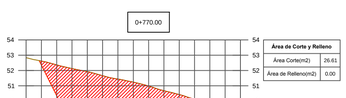


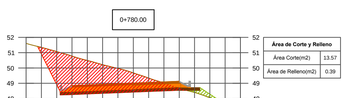


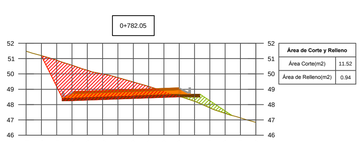


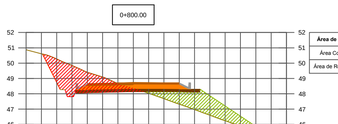


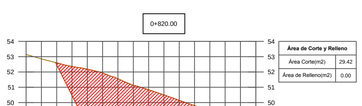


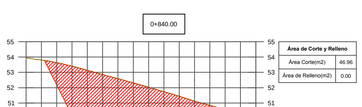


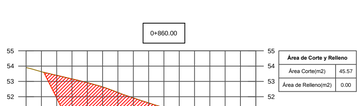




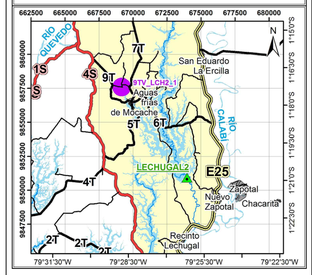








UBICACIÓN EN EL PROYECTO



SIMBOLOGIA:

- TERRENO NATURAL
- CUNETA
- BORDE DE RELLENO
- BORDE DE CORTE
- BASE
- SUBBASE
- MEJORAMIENTO

ESCALAS GRAFICAS:

ESC. 1:200 (2 0 4 8 m)

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería Civil

CONTIENE:
SECCIONES TRANSVERSALES
DE LA VÍA DE REPOSICIÓN
9T_LCH2_1
(0+000.00 - 0+860.00)

LAMINA:
REP_AGT_LCH2_SEC_04/06

ESCALA H.: 1:200
ESCALA V.: 1:200

FECHA:
OCTUBRE / 2015

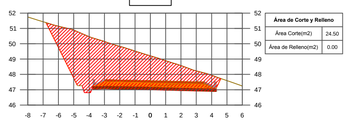
DISEÑO Y DIBUJO:
SEBASTIÁN BOLAÑOS ABAD

REVISIÓN:
ING. JAIME GUZMÁN CRESPO

SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA DE REPOSICIÓN 9T_LCH2_1

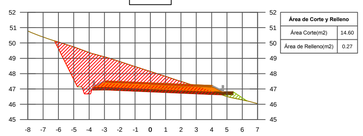
0+880.00 - 1+521.31

0+880.00



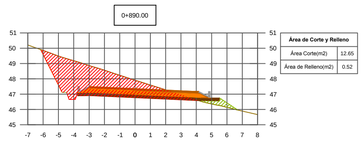
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	24.50
Área de Relleno(m2)	0.00

0+888.46



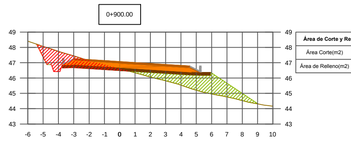
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	14.60
Área de Relleno(m2)	0.27

0+890.00



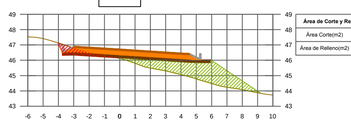
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	12.65
Área de Relleno(m2)	0.52

0+900.00



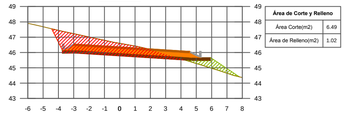
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	3.55
Área de Relleno(m2)	5.16

0+910.00



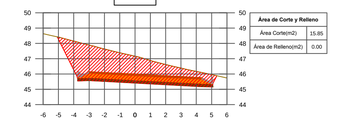
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	1.08
Área de Relleno(m2)	6.50

0+920.00



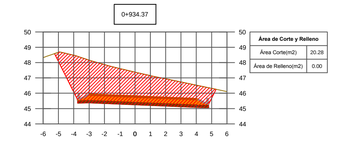
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	6.49
Área de Relleno(m2)	1.02

0+930.00



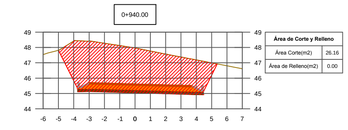
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	15.85
Área de Relleno(m2)	0.00

0+934.37



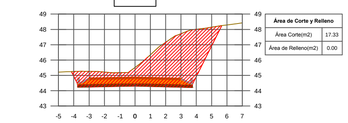
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	20.28
Área de Relleno(m2)	0.00

0+940.00



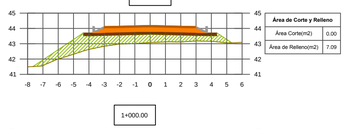
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	26.16
Área de Relleno(m2)	0.00

0+960.00



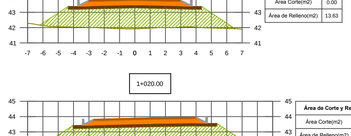
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	17.33
Área de Relleno(m2)	0.00

0+980.00



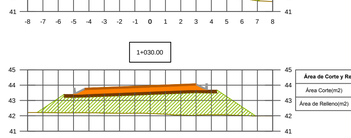
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.00
Área de Relleno(m2)	7.09

1+000.00



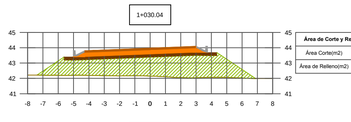
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.00
Área de Relleno(m2)	13.63

1+020.00



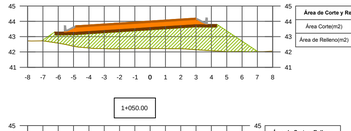
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.00
Área de Relleno(m2)	14.63

1+030.00



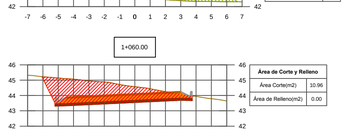
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.00
Área de Relleno(m2)	15.28

1+030.04



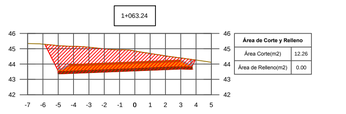
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.00
Área de Relleno(m2)	15.28

1+040.00



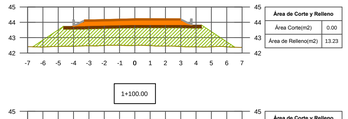
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.00
Área de Relleno(m2)	14.60

1+050.00



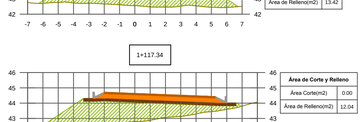
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.81
Área de Relleno(m2)	8.40

1+060.00



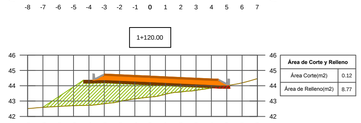
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	10.96
Área de Relleno(m2)	0.00

1+063.24



Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	12.26
Área de Relleno(m2)	0.00

1+080.00



Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.00
Área de Relleno(m2)	13.23

1+100.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.00
Área de Relleno(m2)	13.42

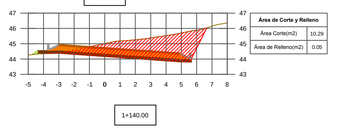
1+117.34

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.00
Área de Relleno(m2)	12.04

1+120.00

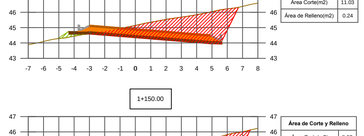
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.12
Área de Relleno(m2)	8.77

1+130.00



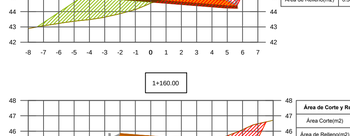
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	10.28
Área de Relleno(m2)	0.05

1+140.00



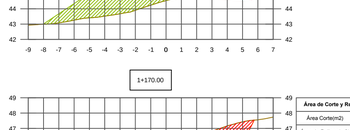
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	11.03
Área de Relleno(m2)	0.24

1+150.00



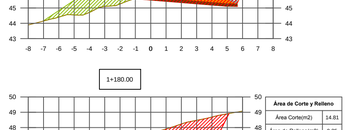
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	5.52
Área de Relleno(m2)	6.36

1+160.00



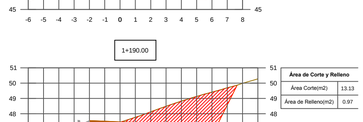
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	4.43
Área de Relleno(m2)	9.37

1+170.00



Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	8.26
Área de Relleno(m2)	3.56

1+180.00



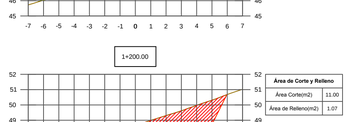
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	14.81
Área de Relleno(m2)	0.25

1+190.00



Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	13.13
Área de Relleno(m2)	0.97

1+191.41



Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	12.86
Área de Relleno(m2)	1.08

1+200.00



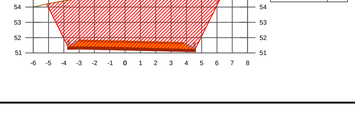
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	11.00
Área de Relleno(m2)	1.07

1+220.00



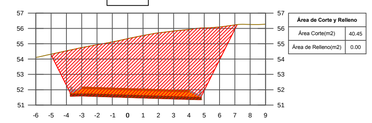
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	20.61
Área de Relleno(m2)	0.00

1+240.00



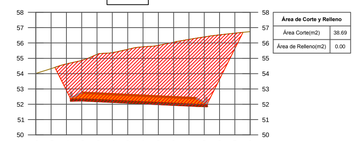
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	40.61
Área de Relleno(m2)	0.00

1+243.47



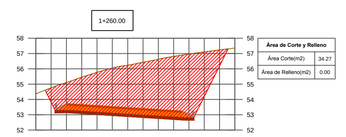
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	40.45
Área de Relleno(m2)	0.00

1+250.00



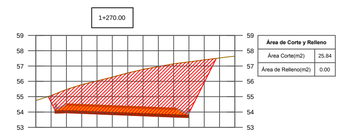
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	38.69
Área de Relleno(m2)	0.00

1+260.00



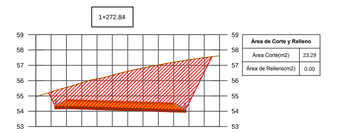
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	34.27
Área de Relleno(m2)	0.00

1+270.00



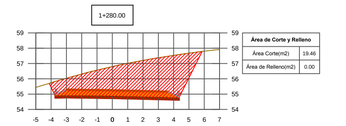
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	25.84
Área de Relleno(m2)	0.00

1+272.84



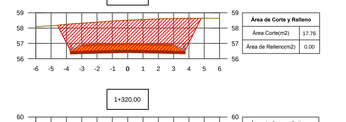
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	23.29
Área de Relleno(m2)	0.00

1+280.00



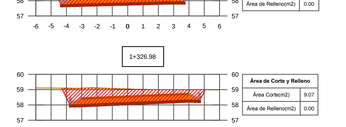
Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	18.46
Área de Relleno(m2)	0.00

1+300.00



Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	17.76
Área de Relleno(m2)	0.00

1+320.00



Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	10.81
Área de Relleno(m2)	0.00

1+326.98

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	9.07
Área de Relleno(m2)	0.00

1+330.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	8.58
Área de Relleno(m2)	0.00

1+340.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	6.36
Área de Relleno(m2)	0.00

1+350.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	5.02
Área de Relleno(m2)	0.00

1+360.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	4.28
Área de Relleno(m2)	0.00

1+367.79

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	4.63
Área de Relleno(m2)	0.00

1+380.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	5.62
Área de Relleno(m2)	0.00

1+400.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	5.77
Área de Relleno(m2)	0.00

1+420.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	4.99
Área de Relleno(m2)	0.00

1+437.63

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	4.78
Área de Relleno(m2)	0.00

1+440.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	4.50
Área de Relleno(m2)	0.00

1+450.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	3.67
Área de Relleno(m2)	0.34

1+460.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	5.59
Área de Relleno(m2)	1.19

1+470.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	2.94
Área de Relleno(m2)	1.15

1+480.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	1.62
Área de Relleno(m2)	0.95

1+483.60

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	1.52
Área de Relleno(m2)	0.65

1+500.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.56
Área de Relleno(m2)	0.19

1+520.00

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	0.94
Área de Relleno(m2)	0.02

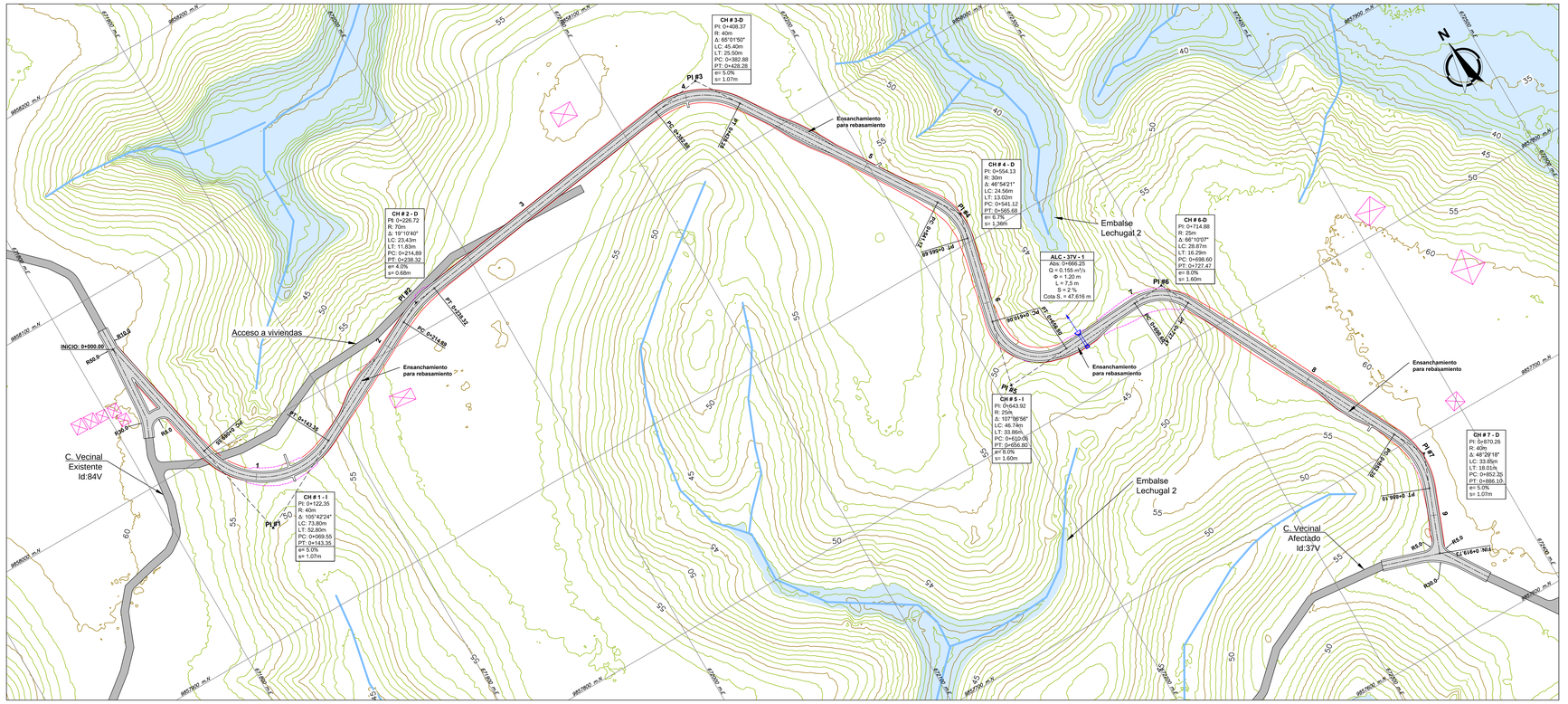
1+521.31

Área de Corte y Relleno	
Área Corte(m2)	1.05
Área de Relleno(m2)	0.02

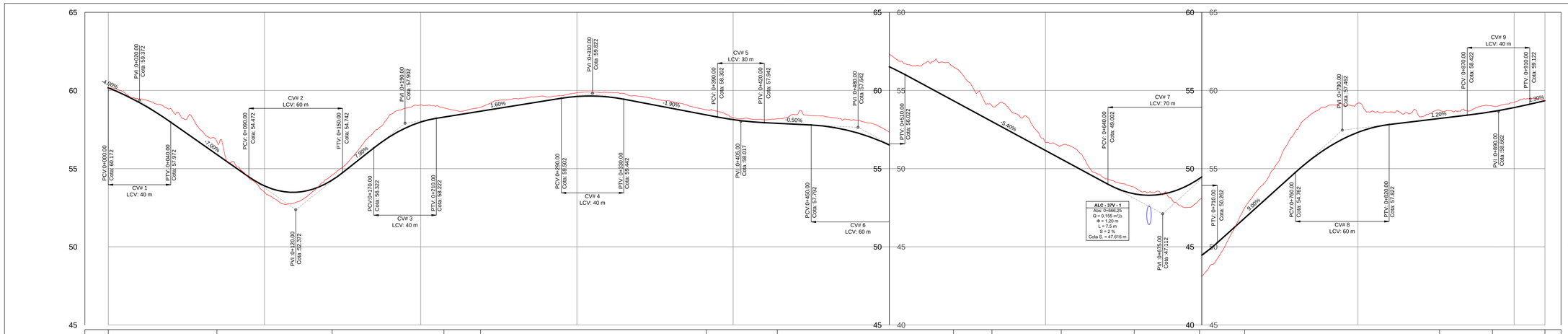
UBICACIÓN EN EL PROYECTO

662500
665000
667500
670000
672500
675000
677500
680000
9854000
9849500
9845000
9840500
9836000
9831500
9827000
9822500
9818000
9813500
9809000
9804500
9800000
9795500
9791000
9786500
9782000
9777500
9773000
9768500
9764000
9759500
9755000
9750500
9746000
9741500
9737000
9732500
9728000
9723500
9719000
9714500
9710000
9705500
9701000
9696500
9692000
9687500
9683000
9678500
9674000
9669500
9665000
9660500
9656000
9651500
9647000
9642500
9638000
9633500
9629000
9624500
9620000
9615500
9611000
9606500
9602000
9597500
9593000
9588500
9584000
9579500
9575000
9570500
9566000
9561500
9557000
9552500
9548000
9543500
9539000
9534500
9530000
9525500
9521000
9516500
9512000
9507500
9503000
9498500
9494000
9489500
9485000
9480500
9476000
9471500
9467000
9462500
9458000
9453500
9449000
9444500
9440000
9435500
9431000
9426500
9422000
9417500
9413000
9408500
9404000
9399500
9395000
9390500
9386000
9381500
9377000
9372500
9368000
9363500
9359000
9354500
9350000
9345500
9341000
9336500
9332000
9327500
9323000
9318500
9314000
9309500
9305000
9300500
9296000
9291500
9287000
9282500
9278000
9273500
9269000
9264500
9260000
9255500
9251000
9246500
9242000
9237500
9233000
9228500
9224000
9219500
9215000
9210500
9206000
9201500
9197000
9192500
9188000
9183500
9179000
9174500
9170000
9165500
9161000
9156500
9152000
9147500
9143000
9138500
9134000
9129500
9125000
9120500
9116000
9111500
9107000
9102500
9098000
9093500
9089000
9084500
9080000
9075500
9071000
9066500
9062000
9057500
9053000
9048500
9044000
9039500
9035000
9030500
9026000
9021500
9017000
9012500
9008000
9003500
8999000
8994500
8990000
8985500
8981000
8976500
8972000
8967500
8963000
8958500
8954000
8949500
8945000
8940500
8936000
8931500
8927000
8922500
8918000
8913500
8909000
8904500
8900000
8895500
8891000
8886500
8882000
8877500
8873000
8868500
8864000
8859500
8855000
8850500
8846000
8841500
8837000
8832500
8828000
8823500
8819000
8814500
8810000
8805500
8801000
8796500
8792000
8787500
8783000
8778500
8774000
8769500
8765000
8760500
8756000
8751500
8747000
8742500
8738000
8733500
8729000
8724500
8720000
8715500
8711000
8706500
8702000
8697500
8693000
8688500
8684000
8679500
8675000
8670500
8666000
8661500
8657000
8652500
8648000
8643500
8639000
8634500
8630000
8625500
8621000
8616500
8612000
8607500
8603000
8598500
8594000
8589500
8585000
8580500
8576000
8571500
8567000
8562500
8558000
8553500
8549000
8544500
8540000
8535500
8531000
8526500
8522000
8517500
8513000
8508500
8504000
8499500
8495000
8490500
8486000
8481500
8477000
8472500
8468000
8463500
8459000
8454500
8450000
8445500
8441000
8436500
8432000
8427500
8423000
8418500
8414000
8409500
8405000
8400500
8396000
8391500
8387000
8382500
8378000
8373500
8369000
8364500
8360000
8355500
8351000
8346500
8342000
8337500
8333000
8328500
8324000
8319500
8315000
8310500
8306000
8301500
8297000
8292500
8288000
8283500
8279000
8274500
8270000
8265500
8261000
8256500
8252000
8247500
8243000
8238500
8234000
8229500
8225000
8220500
8216000
8211500
8207000
8202500
8198000
8193500
8189000
8184500
8180000
8175500
8171000
8166500
8162000
8157500
8153000
8148500
8144000
8139500
8135000
8130500
8126000
8121500
8117000
8112500
8108000
8103500
8099000
8094500
8090000
8085500
8081000
8076500
8072000
8067500
8063000
8058500
8054000
8049500
8045000
8040500
8036000
8031500
8027000
8022500
8018000
8013500
8009000
8004500
8000000
7995500
7991000
7986500
7982000
7977500
7973000
7968500
7964000
7959500
7955000
7950500
7946000
7941500
7937000
7932500
7928000
7923500
7919000
7914500
7910000
7905500
7901000
7896500
7892000
7887500
7883000
7878500
7874000
7869500
7865000
7860500
7856000
7851500
7847000
7842500
7838000
7833500
7829000
7824500
7820000
7815500
7811000
7806500
7802000
7797500
7793000
7788500
7784000
7779500
7775000
7770500
7766000
7761500
7757000
7752500
7748000
7743500
7739000
7734500
7730000
7725500
7721000
7716500
7712000
7707500
7703000
7698500
7694000
7689500
7685000
7680500
7676000
7671500
7667000
7662500
7658000
7653500
7649000
7644500
7640000
7635500
7631000
7626500
7622000
7617500
7613000
7608500
7604000
7599500
7595000
7590500
7586000
7581500
7577000
7572500
7568000
7563500
7559000
7554500
7550000
7545500
7541000
7536500
7532000
7527500
7523000
7518500
7514000
7509500
7505000
7500500
7496000
7491500
7487000
7482500
7478000
7473500
7469000
7464500
7460000
7455500
7451000
7446500
7442000
7437500
7433000
7428500
7424000
7419500
7415000
7410500
7406000
7401500
7397000
7392500
7388000
7383500
7379000
7374500
7370000
7365500
7361000
7356500
7352000
7347500
7343000
7338500
7334000
7329500
7325000
7320500
7316000
7311500
7307000
7302500
7298000
7293500
7289000
7284500
7280000
7275500
7271000
7266500
7262000
7257500
7253000
7248500
7244000
7239500
7235000
7230500
7226000
7221500
7217000
7212500
7208000
7203500
7199000
7194500
7190000
7185500
7181000
7176500
7172000
7167500
7163000
7158500
7154000
7149500
7145000
7140500
7136000
7131500
7127000
7122500
7118000
7113500
7109000
7104500
7100000
7095500
7091000
7086500
7082000
7077500
7073000
7068500
7064000
7059500
7055000
7050500
7046000
7041500
7037000
7032500
7028000
7023500
7019000
7014500
7010000
7005500
7001000
6996500
6992000
6987500
6983000
6978500
6974000
6969500
6965000
6960500
6956000
6951500
6947000
6942500
6938000
6933500
6929000
6924500
6920000
6915500
6911000
6906500
6902000
6897500
6893000
6888500
6884000
6879500
6875000
6870500
6866000
6861500
6857000
6852500
6848000
6843500
6839000
6834500
6830000
6825500
6821000
6816500
6812000
6807500
6803000
6798500
6794000
6789500
6785000
6780500
6776000
6771500
6767000
6762500
6758000
6753500
6749000
6744500
6740000
6735500
6731000
6726500
6722000
6717500
6713000
6708500
6704000
6699500
6695000
6690500
6686000
6681500
6677000
6672500
6668000
6663500
6659000
6654500
6650000
6645500
6641000
6636500
6632000
6627500
6623000
6618500
6614000
6609500
6605000
6600500
6596000
6591500
6587000
6582500
6578000
6573500
6569000
6564500
6560000
6555500
6551000
6546500
6542000
6537500
6533000
6528500
6524000
6519500
6515000
6510500
6506000
6501500
6497000
6492500
6488000
6483500
6479000
6474500
6470000
6465500
6461000
6456500
6452000
6447500
6443000
6438500
6434000
6429500
6425000
6420500
6416000
6411500
6407000
6402500
6398000
6393500
6389000
6384500
6380000
6375500
6371000
6366500
6362000
6357500
6353000
6348500
6344000
6339500
6335000
6330500
6326000
6321500
6317000
6312500
6308000
6303500
6299000
6294500
6290000
6285500
6281000
6276500
6272000
6267500
6263000
6258500
6254000
6249500
6245000
6240500
6236000
6231500
6227000
6222500
6218000
6213500
6209000
6204500
6200000
6195500
6191000
6186500
6182000
6177500
6173000
6168500
6164000
6159500
6155000
6150500
6146000
6141500
6137000
6132500
6128000
6123500
6119000
6114500
6110000
6105500
6101000
6096500
6092000
6087500
6083000
6078500
6074000
6069500
6065000
6060500
6056000
6051500
6047000
6042500
6038000
6033500
6029000
6024500
6020000
6015500
6011000
6006500
6002000
5997500
5993000
5988500
5984000
5979500
5975000
5970500
5966000
5961500
5957000
5952500
5948000
5943500
5939000
5934500
5930000
5925500
5921000
5916500
5912000
5907500
5903000
5898500
5894000
5889500
5885000
5880500
5876000
5871500
5867000
5862500
5858000
5853500
5849000
5844500
5840000
5835500
5831000
5826500
5822000
5817500
5813000
5808500
5804000
5799500
5795000
5790500
5786000
5781500
5777000
5772500
5768000
5763500
5759000
5754500
5750000
5745500
5741000
5736500
5732000
5727500
5723000
5718500
5714000
5709500
5705000
5700500
5696000
5691500
5687000
5682500
5678000
5673500
5669000
5664500
5660000
5655500
5651000
5646500
5642000
5637500
5633000
5628500
5624000
5619500
5615000
5610500
5606000
5601500
5597000
5592500
5588000
5583500
5579000
5574500
5570000
5565500
5561000
5556500
5552000
5547500
5543000
5538500
5534000
5529500
5525000
5520500
5516000
5511500
5507000
5502500
5498000
5493500
5489000
5484500
5480000
5475500
5471000
5466500
5462000
5457500
5453000
5448500
5444000
5439500
5435000
5430500
5426000
5421500
5417000
5412500
5408000
5403500
5399000
5394500
5390000
5385500
5381000
5376500
5372000
5367500
5363000
5358500
5354000
5349500
5345000
5340500
5336000
5331500
5327000
5322500
5318000
5313500
5309000
5304500
5300000
5295500
5291000
5286500
5282000
5277500
5273000
5268500
5264000
5259500
5255000
5250500
5246000
5241500
5237000
5232500
5228000
5223500
5219000
5214500
5210000
5205500
5201000
5196500
5192000
5187500
5183000
5178500
5174000
5169500
5165000
5160500
5156000
5151500
5147000
5142500
5138000
5133500
5129000
5124500
5120000
5115500
5111000
5106500
5102000
5097500
5093000
5088500
5084000
5079500
5075000
5070500
5066000
5061500
5057000
5052500
5048000
5043500
5039000
5034500
5030000
5025500
5021000
5016500
5012000
5007500
5003000
4998500
4994000
4989500
4985000
4980500
4976000
4971500
4967000
4962500
4958000
4953500
4949000
4944500
4940000
4935500
4931000
4926500
4922000
4917500
4913000
4908500
4904000
4899500
4895000
4890500
4886000
4881500
4877000
4872500
4868000
4863500
4859000
4854500
4850000
4845500
4841000
4836500
4832000
4827500
4823000
4818500
4814000
4809500
4805000
4800500
4796000
4791500
4787000
4782500
4778000
4773500
4769000
4764500
4760000
4755500
4751000
4746500
4742000
4737500
4733000
4728500
4724000
4719500
4715000
4710500
4706000
4701500
4697000
4692500
4688000
4683500
4679000
4674500
4670000
4665500
4661000
4656500
4652000
4647500
4643000
4638500
4634000
4629500
4625000
4620500
4616000
4611500
4607000
4602500
4598000
4593500
4589000
4584500
4580000
4575500
4571000
4566500
4562000
4557500
4553000
4548500
4544000
4539500
4535000
4530500
4526000
4521500
4517000
4512500
4508000
4503500
4499000
4494500
4490000
4485500
4481000
4476500
4472000
4467500
4463000
4458500
4454000
4449500
4445000
4440500
4436000
4431500
4427000
4422500
4418000
4413500
4409000
4404500
4400000
4395500
4391000
4386500
4382000
4377500
4373000
4368500
4364000
4359500
4355000
4350500
4346000
4341500
4337000
4332500
4328000
4323500
4319000
4314500
4310000
4305500
4301000
4296500
4292000
4287500
4283000
4278500
4274000
4269500
4265000
4260500
4256000
4251500
4247000
4242500
4238000
4233500
4229000
4224500
4220000
4215500
4211000
4206500
4202000
4197500
4193000
4188500
4184000
4179500
4175000
4170500
4166000
4161500
4157000
4152500
4148000
4143500
4139000
4134500
4130000
4125500
4121000
4116500
4112000
4107500
4103000
4098500
4094000
4089500
4085000
4080500
4076000
4071500
4067000
4062500
4058000
4053500
4049000
4044500
4040000
4035500
4031000
4026500
4022000
4017500
4013000
4008500
4004000
3999500
3995000
3990500
3986000
3981500
3977000
3972500
3968000
3963500
3959000
3954500
3950000
3945500
3941000
3936500
3932000
3927500
3923000
3918500
3914000
3909500
3905000
3900500
3896000
3891500
3887000
3882500
3878000
3873500
3869000
3864500
3860000
3855500
3851000
3846500
3842000
3837500
3833000
3828500
3824000
3819500
3815000
3810500
3806000
3801500
3797000
3792500
3788000
3783500
3779000
3774500
3770000
3765500
3761000
3756500
3752000
3747500
3743000
3738500
3734000
3729500
3725000
3720500
3716000
3711500
3707000
3702500
3698000
3693500
3689000
3684500
3680000
3675500
3671000
3666500
3662000
3657500
3653000
3648500
3644000
3639500
3635000
3630500
3626000
3621500
3617000
3612500
3608000
3603500
3599000
3594500
3590000
3585500
3581000
3576500
3572000
3567500
3563000
3558500
3554000
3549500
3545000
3540500
3536000
3531500
3527000
3522500
3518000
3513500
3509000
3504500
3500000
3495500
3491000
3486500
3482000
3477500
3473000
3468500
3464000
3459500
3455000
3450500
3446000
3441500
3437000
3432500
3428000
3423500
3419000
3414500
3410000
3405500
3401000
3396500
3392000
3387500
3383000
3378500
3374000
3369500
3365000
3360500
3356000
3351500
3347000
3342500
3338000
3333500
3329000
3324500
3320000
3315500
3311000
3306500
3302000
3297500
3293000
3288500
3284000
3279500
3275000
3270500
3266000
3261500
3257000
3252500
3248000
3243500
3239000
3234500
3230000
3225500
3221000
3216500
3212000
3207500
3203000
3198500
3194000
3189500
3185000
3180500
3176000
3171500
3167000
3162500
3158000
3153500
3149000
3144500
3140000
3135500
3131000
3126500
3122000
3117500
3113000
3108500
3104000
3099500
3095000
3090500
3086000
3081500
3077000
3072500
3068000
3063500
3059000
3054500
3050000
3045500
3041000
3036500
3032000
3027500
3023000
3018500
3014000
3009500
3005000
3000500
2996000
2991500
2987000
2982500
2978000
2973500
2969000
2964500
2960000
2955500
2951000
2946500
2942000
2937500
2933000
2928500
2924000
2919500
2915000
2910500
2906000
2901500
2897000
2892500
2888000
2883500
2879000
2874500
2870000
2865500
2861000
2856500
2852000
2847500
2843000
2838500
2834000
2829500
2825000
2820500
2816000
2811500
2807000
2802500
2798000
2793500
2789000
2784500
2780000
2775500
2771000
2766500
2762000
2757500
2753000
2748500
2744000
2739500
2735000
2730500
2726000
2721500
2717000
2712500
2708000
2703500
2699000
2694500
2690000
2685500
2681000
2676500
2672000
2667500
2663000
2658500
2654000
2649500
2645000
2640500
2636000
2631500
2627000
2622500
2618000
2613500
2609000
2604500
2600000
2595500
2591000
2586500
2582000
2577500
2573000
2568500
2564000
2559500
2555000
2550500
2546000
2541500
2537000
2532500
2528000
2523500
2519000
2514500
2510000
2505500
2501000
2496500
2492000
2487500
2483000
2478500
2474000
2469500
2465000
2460500
2456000
2451500
2447000
2442500
2438000
2433500
2429000
2424500
2420000
2415500
2411000
2406500
2402000
2397500
2393000
2388500
2384000
2379500
2375000
2370500
2366000
2361500
2357000
2352500
2348000
2343500
2339000
2334500
2330000
2325500
2321000
2316500
2312000
2307500
2303000
2298500
2294000
2289500
2285000
2280500
2276000
2271500
2267000
2262500
2258000
2253500
2249000
2244500
2240000
2235500
2231000
2226500
2222000
2217500
2213000
2208500
2204000
2199500
2195000
2190500
2186000
2181500
2177000
2172500
2168000
2163500
2159000
2154500
2150000
2145500
2141000
2136500
2132000
2127500
2123000
2118500
2114000
2109500
2105000
2100500
2096000
2091500
2087000
2082500
2078000
2073500
2069000
2064500
2060000
2055500
2051000
2046500
2042000
2037500
2033000
2028500
2024000
2019500
2015000
2010500
2006000
2001500
1997000
1992500
1988000
1983500
1979000
1974500
1970000
1965500
1961000
1956500
1952000
1947500
1943000
1938500
1934000
1929500
1925000
1920500
1916000
1911500
1907000
1902500
1898000
1893500
1889000
1884500
1880000
1875500
1871000
1866500
1862000
1857500
1853000
1848500
1844000
1839500
1835000
1830500
1826000
1821500
1817000
1812500
1808000
1803500
1799000
1794500
1790000
1785500
1781000
1776500
1772000
1767500
1763000
1758500
1754000
1749500
1745000
1740500
1736000
1731500
1727000
1722500
1718000
1713500
1709000
1704500
1700000
1695500
1691000
1686500
1682000
1677500
1673000
1668500
1664000
1659500
1655000
1650500
1646000
1641500
1637000
1632500
1628000
1623500
1619000
1614500
1610000
1605500
1601000
1596500
1592000
1587500
1583000
1578500
1574000
1569500
1565000
1560500
1556000
1551500
1547000
1542500
1538000
1533500
1529000
1524500
1520000
1515500
1511000
1506500
1502000
1497500
1493000
1488500
1484000
1479500
1475000
1470500
1466000
1461500
1457000
1452500
1448000
1443500
1439000
1434500
1430000
1425500
1421000
1416500
1412000
1407500
1403000
1398500
1394000
1389500
1385000
1380500
1376000
1371500
1367000
1362500
1358000
1353500
1349000
1344500
1340000
1335500
1331000
1326500
1322000
1317500
1313000
1308500
1304000
1299500
1295000
1290500
1286000
1281500
1277000
1272500
1268000
1263500
1259000
1254500
1250000
1245500
1241000
1236500
1232000
1227500
1223000
1218500
1214000
1209500
1205000
1200500
1196000
1191500
1187000
1182500
1178000
1173500
1169000
1164500
1160000
1155500
1151000
1146500
1142000
1137500
1133000
1128500
1124000
1119500
1115000
1110500
1106000
1101500
1097000
1092500
1088000
1083500
1079000
1074500
1070000
1065500
1061000
1056500
1052000
1047500
1043000
1038500
1034000
1029500
1025000
1020500
1016000
1011500
1007000
1002500
998000
993500
989000
984500
980000
975500
971000
966500
962000
957500
953000
948500
944000
939500
935000
930500
926000
921500
917000
912500
908000
903500
899000
894500
890000
885500
881000
876500
872000
867500
863000
858500
854000
849500
845000
840500
836000
831500
827000
822500
818000
813500
809000
804500
800000
795500
791000
786500
782000
777500
773000
768500
764000
759500
755000
750500
746000
741500
737000
732500
728000
723500
719000
714500
710000
705500
701000
696500
692000
687500
683000
678500
674000
669500
665000
660500
656000
651500
647000
642500
638000
633500
629000
624500
620000
615500
611000
606500
602000
597500
593000
588500
584000
579500
575000
570500
566000
561500
557000
552500
548000
543500
539000
534500
530000
525500
521000
516500
512000
507500
503000
498500
494000
489500
485000
480500
476000
471500
467000
462500
458000
453500
449000
444500
440000
435500
431000
426500
422000
417500
413000
408500
404000
399500
395000
390500
386000
381500
377000
372500
368000
363500
359000
354500
350000
345500
341000
336500
332000
327500
323000
318500
314000
309500
305000
300500
296000
291500
287000
282500
278000
273500
269000
264500
260000
255500
251000
246500
242000
237500
233000
228500
224000
219500
215000
210500
206000
201500
197000
192500
188000
183500
179000
174500
170000
165500
161000
156500
152000
147500
143000
138500
134000
129500
125000
120500
116000
111500
107000
102500
98000
93500
89000
84500
80000
75500
71000
66500
62000
57500
53000
48500
44000
39500
35000
30500
26000
21500
17000
12500
8000
3500
-1000
-5500
-10000
-14500
-19000
-23500
-28000
-32500
-37000
-41500
-46000
-50500
-55000
-59500
-64000
-68500
-73000
-77500
-82000
-86500
-91000
-95500
-100000
-104500
-109000
-113500
-118000
-122500
-127000
-131500
-136000
-140500
-145000
-149500
-154000
-158500
-163000
-167500
-172000
-176500
-181000
-185500
-190000
-194500
-199000
-203500
-208000
-212500
-217000
-221500
-226000
-230500
-235000
-239500
-244000
-248500
-253000
-257500
-262000
-266500
-271000
-275500
-280000
-284500
-289000
-293500
-298000
-302500
-307000
-311500
-316000
-320500
-325000
-329500
-334000
-338500
-343000
-347500
-352000
-356500
-361000
-365500
-370000
-374500
-379000
-383500
-388000
-392500
-397000
-401500
-406000
-410500
-415000
-419500
-424000
-428500
-433000
-437500
-442000
-446500
-451000
-455500
-460000
-464500
-469000
-473500
-478000
-482500
-487000
-491500
-496000
-500500
-505000
-509500
-514000
-518500
-523000
-527500
-532000
-536500
-541000
-545500
-550000
-554500
-559000
-563500
-568000
-572500
-577000
-581500
-586000
-590500
-595000
-599500
-604000
-608500
-613000
-617500
-622000
-626500
-631000
-635500
-640000
-644500
-649000
-653500
-658000
-662500
-667000
-671500
-676000
-680500
-685000
-689500
-694000
-698500
-703000
-707500
-712000
-716500
-721000
-725500
-730000
-734500
-739000
-743500
-748000
-752500
-757000
-761500
-766000
-770500
-775000
-779500
-784000
-788500
-793000
-797500
-802000
-806500
-811000
-815500
-820000
-824500
-829000
-833500
-838000
-842500
-847000
-851500
-856000
-860500
-865000
-869500
-874000
-878500
-883000
-887500
-892000
-896500
-901000
-905500
-910000
-914500
-919000
-923500
-928000
-932500
-937000
-941500
-946000
-950500
-955000
-959500
-964000
-968500
-973000
-977500
-982000
-986500
-991000
-995500
-1000000
-1004500
-1009000
-1013500
-1018000
-1022500
-1027000
-1031500
-1036000
-1040500
-1045000
-1049500
-1054000
-1058500
-1063000
-1067500
-1072000
-1076500
-1081000
-1085500
-1090000
-1094500
-1099000
-1103500
-1108000
-1112500
-1117000
-1121500
-1126000
-1130500
-1135000
-1139500
-1144000
-1148500
-1153000
-1157500
-1162000
-1166500
-1171000
-1175500
-1180000
-1184500
-1189000
-1193500
-1198000
-1202500
-1207000
-1211500
-1216000
-1220500
-1225000
-1229500
-1234000
-1238500
-1243000
-1247500
-1252000
-1256500
-1261000
-1265500
-1270000
-1274500
-1279000
-1283500
-1288000
-1292500
-1297000
-1301500
-1306000
-1310500
-1315000
-1319500
-1324000
-1328500
-1333000
-1337500
-1342000
-1346500
-1351000
-1355500
-1360000
-1364500
-1369000
-1373500
-1378000
-1382500
-1387000
-1391500
-1396000
-1400500
-1405000
-1409500
-1414000
-1418500
-1423000
-1427500
-1432000
-1436500
-1441000
-1445500
-1450000
-1454500
-1459000
-1463500
-1468000
-1472500
-1477000
-1481500
-1486000
-1490500
-1495000
-1499500
-1504000
-1508

ALINEAMIENTO HORIZONTAL

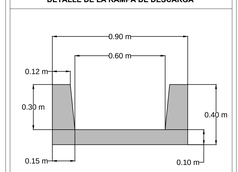


ALINEAMIENTO VERTICAL

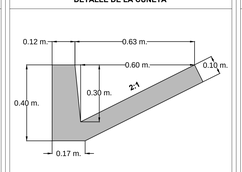


	INICIO				PC			PT				PC	PT												PC	PT										PC		PT			FIN
Relleno	0.02						0.49			0.65																																0.05
Corte	0.00	0.23		0.07		0.03		0.02	0.20			0.25	0.32		0.86		1.39			1.09		0.39	0.39	0.03	0.34		0.13		0.18	0.29		0.61		0.61		0.00		0.00		1.09		2.18	2.17		1.00		1.30		0.51		1.14		0.13		0.43	0.28		0.34		1.36	1.27		0.14														
Cota Terreno	60.172	59.496		58.944		57.399		56.727	56.474		53.495		52.842				54.324	54.676	54.996	56.181			59.419		59.073				58.398	58.398	58.824	58.774	58.261		58.124	58.191	58.495		57.232		56.574	56.584	56.597	54.489	53.322	54.017	53.945		51.676	51.495	51.220		49.327		48.617	48.616	48.148		48.008	49.098		51.652		52.489		54.081	54.782	57.392	58.977	58.392	57.322	57.822	58.313	58.740	58.888	58.092	58.556	58.606	58.245	58.343	59.043
Cota Proyecto	60.172	59.222		57.972		56.672		55.993	56.172		53.896		53.496				54.076	54.276	54.596	55.532			57.033		57.993				58.398	58.398	58.492	58.437	58.136		58.124	57.942	58.191		57.941		57.701	56.584	56.597	54.489	53.322	53.016	53.945		52.242	51.152	51.496		49.092		48.992	49.383	49.333		49.488	49.368		51.652		51.834		52.862	54.782	57.392	58.977	58.392	57.322	57.822	58.313	58.740	58.888	58.092	58.556	58.606	58.245	58.343	59.043
Abscisa	0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+060.00	0+069.55	0+080.00	0+100.00	0+120.00	0+143.35	0+160.00	0+180.00	0+200.00	0+214.89	0+238.32	0+240.00	0+260.00	0+280.00	0+300.00	0+320.00	0+340.00	0+360.00	0+380.00	0+382.88	0+400.00	0+420.00	0+428.28	0+440.00	0+460.00	0+480.00	0+500.00	0+520.00	0+540.00	0+541.12	0+560.00	0+565.68	0+580.00	0+600.00	0+610.06	0+620.00	0+640.00	0+656.80	0+660.00	0+680.00	0+698.60	0+700.00	0+720.00	0+727.47	0+740.00	0+760.00	0+780.00	0+800.00	0+820.00	0+840.00	0+852.25	0+860.00	0+880.00	0+896.10	0+900.00	0+919.73

DETALLE DE LA RAMPA DE DESCARGA



DETALLE DE LA CUNETA



ESCALAS Y PROYECCIÓN

ESCALAS DE IMPRESIÓN

E.H.: 1:1000
E.V.: 1:100

ESCALAS GRAFICAS:

ESC. 1:100
ESC. 1:1000

ELIPSOIDE .....SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 1984
CUADRÍCULA .....ZONA 17 (LÍNEAS NUMERADAS EN NEGRO)
PROYECCIÓN .....UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM VERTICAL: .....NIVEL MEDIO DEL MAR
DATUM HORIZONTAL: .....SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 1984

SIMBOLOGIA

PROYECTO HORIZONTAL

- EJE PROYECTO
- BORDILLO
- BORDE DE CORTE
- BORDE DE RELLENO
- PI HORIZONTAL
- ALCANTARILLA
- RÍOS O QUEBRADAS
- CASAS
- EMBALSE

PROYECTO VERTICAL

- PROYECTO VERTICAL
- TERRENO
- PI VERTICAL
- ALCANTARILLA

CAMINOS Y VIAS EXISTENTES

- VÍA DESVIADA
- CAMINO VECINAL

UBICACIÓN EN EL PROYECTO



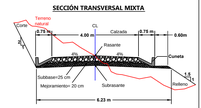
TABLA DE RESUMEN DE MATERIALES

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
TOTAL VOLUMEN CORTE	m3	5382.0
TOTAL VOLUMEN RELLENO	m3	466.1
TOTAL SUBBASE	m3	1107.4
TOTAL MEJORAMIENTO	m3	1058.6
TOTAL VOLUMEN CUNETAS Y RAMPAS DE DESCARGA	m3	233.1

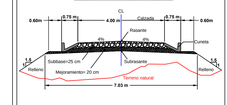
SECCIONES TIPO

CAMINO VECINAL TIPO 4

SECCIÓN TRANSVERSAL MIXTA



SECCIÓN TRANSVERSAL RELLENO



SECCIÓN TRANSVERSAL CORTE



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería Civil

CONTIENE:

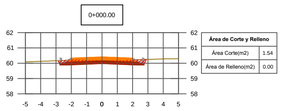
DISEÑO DEFINITIVO DE LA VÍA DE REPOSICIÓN 37V_LCH2_2

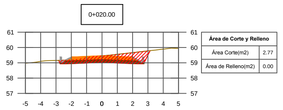
ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL (0+000.00 - 0+919.73)

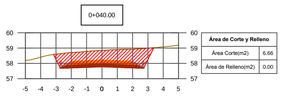
LAMINA:	ESCALA HORIZONTAL: 1:1000 ESCALA VERTICAL: 1:100	FECHA:
REP_AGT_LCH2_03/06		SEPTIEMBRE / 2015

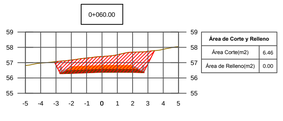
DISEÑO Y DIBUJO:	REVISIÓN:
SEBASTIÁN BOLAÑOS ABAD	ING. JAIME GUZMÁN CRESPO

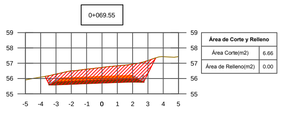
SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA DE REPOSICIÓN 37V_LCH2_2
0+000.00 - 0+919.73

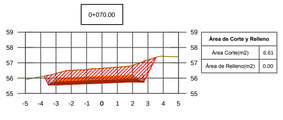


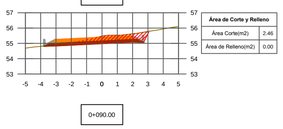


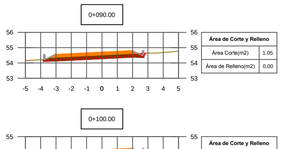


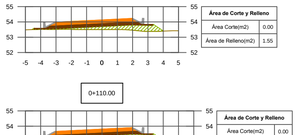


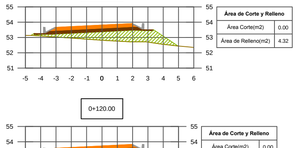


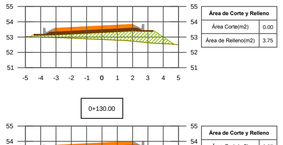


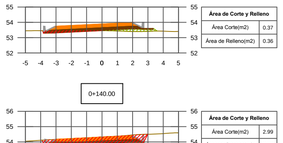


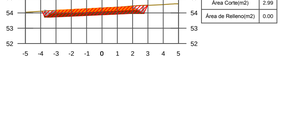


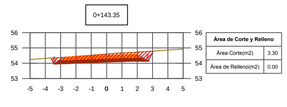


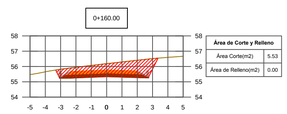


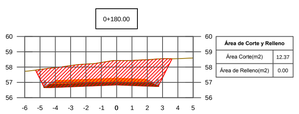


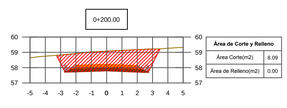


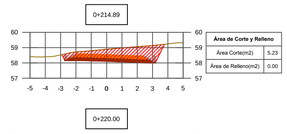


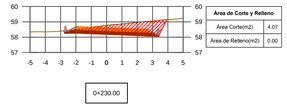


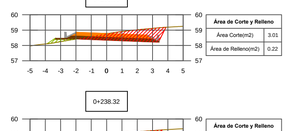


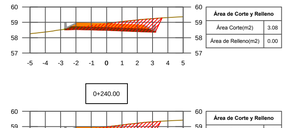


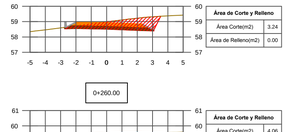


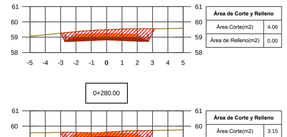


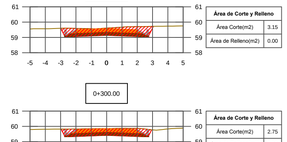


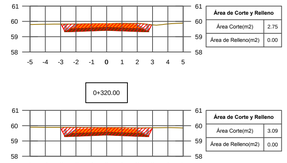


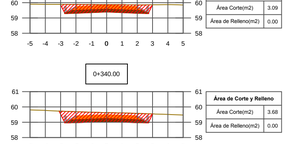


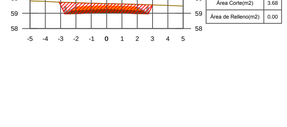


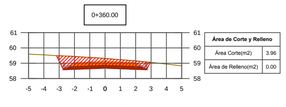


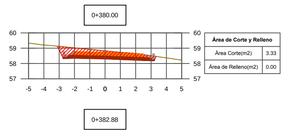


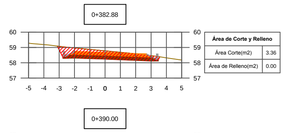


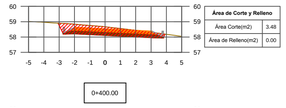


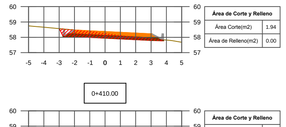


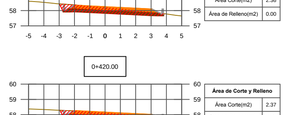


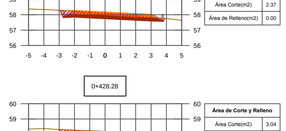


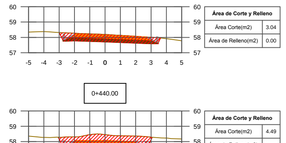


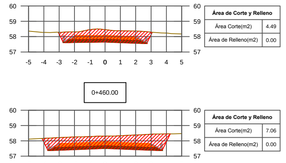


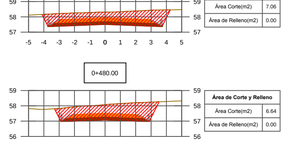


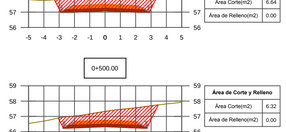


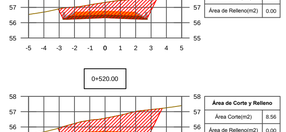


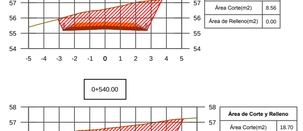


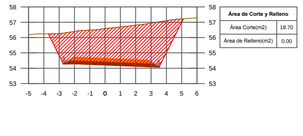


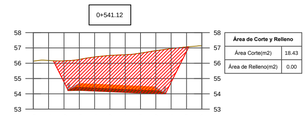


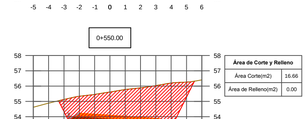


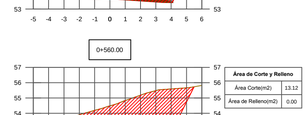


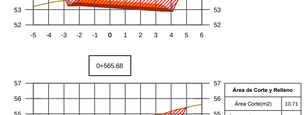


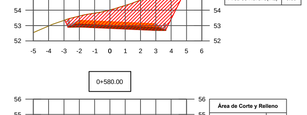


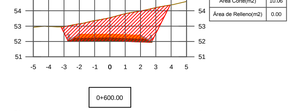


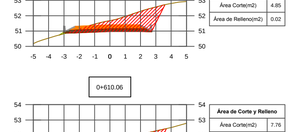


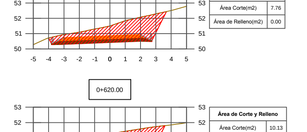


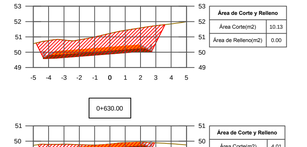


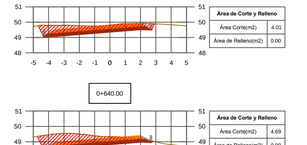


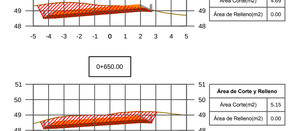


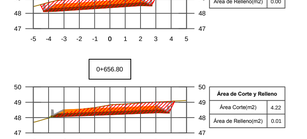


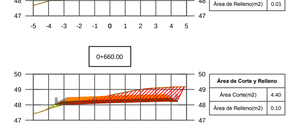


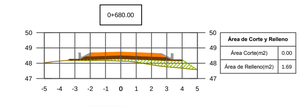


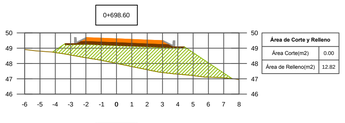


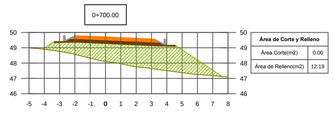


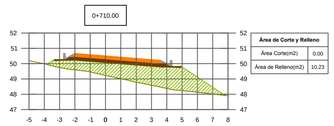


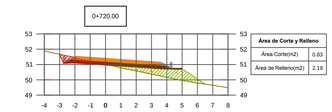


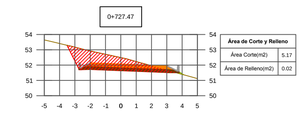


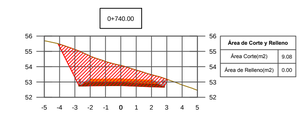


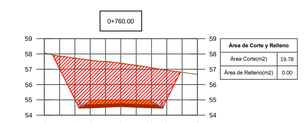


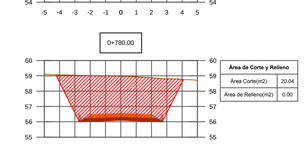


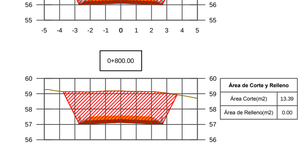


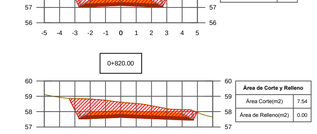


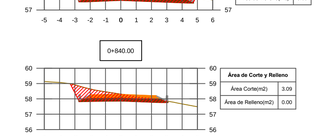


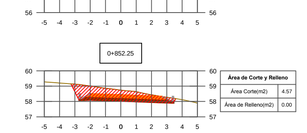


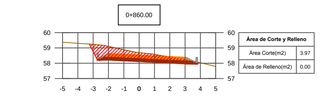


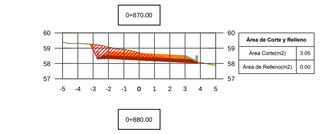


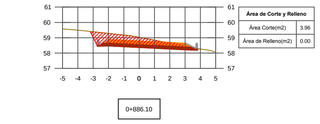


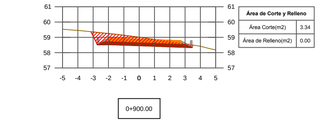


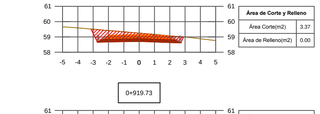


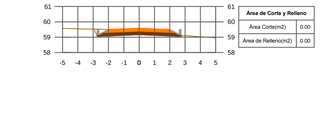




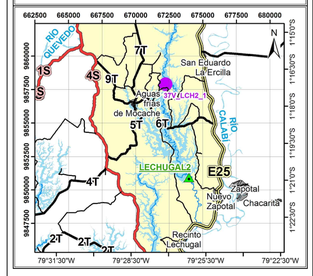








UBICACIÓN EN EL PROYECTO



SIMBOLOGIA:

- TERRENO NATURAL
- CUNETA
- BORDE DE RELLENO
- BORDE DE CORTE
- SUBBASE
- MEJORAMIENTO

ESCALAS GRAFICAS:

ESC. 1:200

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería Civil

CONTIENE:
SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA DE REPOSICIÓN 37V_LCH2_2
(0+000.00 - 0+919.73)

LAMINA:
REP_AGT_LCH2_SEC_03/06

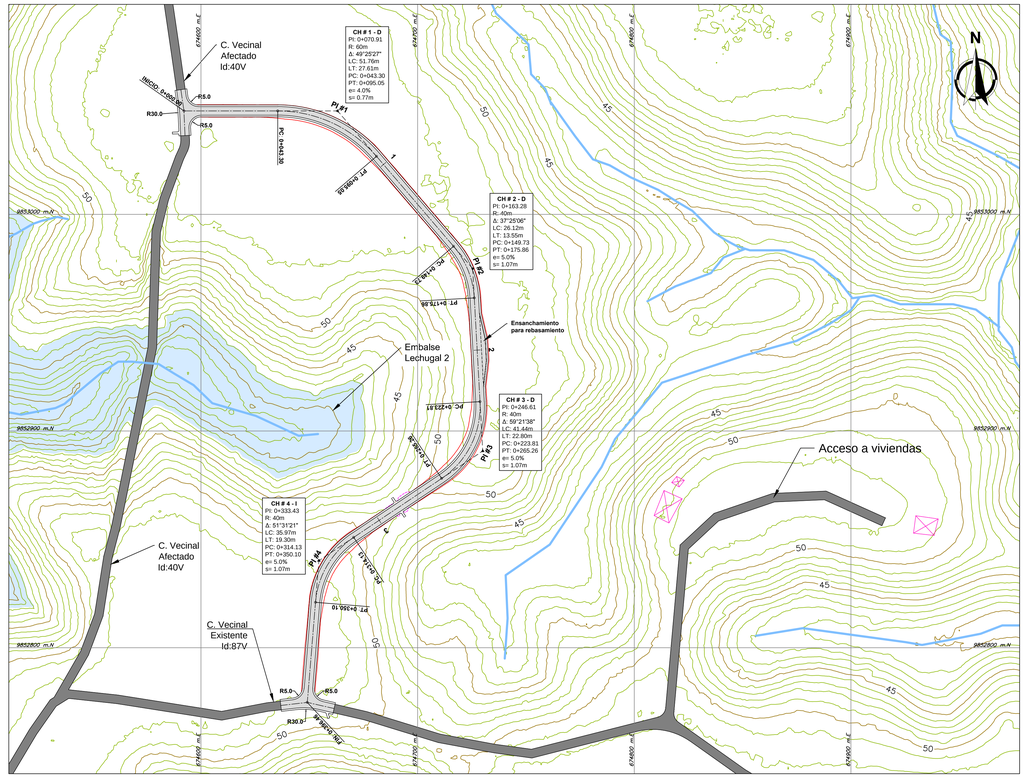
ESCALA H.: 1:200
ESCALA V.: 1:200

FECHA:
OCTUBRE / 2015

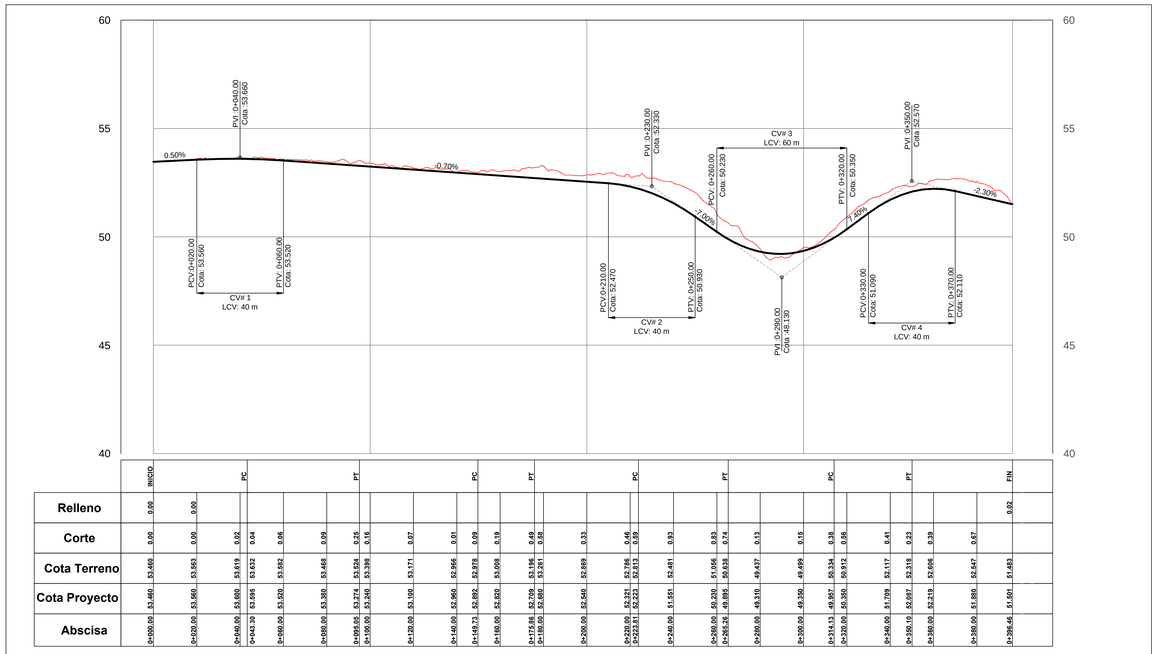
DISEÑO Y DIBUJO:
SEBASTIÁN BOLAÑOS ABAD

REVISIÓN:
ING. JAIME GUZMÁN CRESPO

ALINEAMIENTO HORIZONTAL

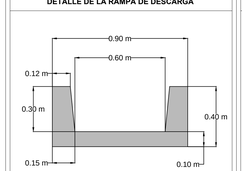


ALINEAMIENTO VERTICAL

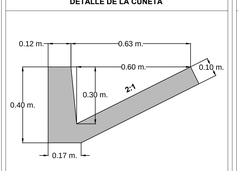


	INICIO		PC			PT			PC		PT		PC		PT		PC		PT		FIN
Relleno	0.09	0.09																			0.02
Corte	0.00	0.00	0.02	0.04	0.06	0.09	0.25	0.16	0.07	0.01	0.09	0.19	0.49	0.68	0.33	0.46	0.00	0.93	0.83	0.74	0.13	0.15	0.38	0.86	0.41	0.23	0.28	0.67	0.47	0.83	
Cota Terreno	53.469	53.563	53.619	53.632	53.592	53.468	53.624	53.398	53.171	52.966	52.978	53.006	53.156	53.241	52.888	52.786	52.813	52.481	51.656	50.628	49.437	49.499	50.334	50.912	52.117	52.316	52.606	52.218	52.547	51.883	51.501
Cota Proyecto	53.460	53.560	53.600	53.599	53.520	53.380	53.274	53.240	53.100	52.960	52.892	52.820	52.709	52.689	52.040	52.321	52.613	51.551	50.200	49.895	49.310	49.350	49.957	50.350	51.709	52.087	52.218	52.606	51.800	51.800	51.501
Abscisa	0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+043.30	0+060.00	0+080.00	0+096.55	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+149.73	0+160.00	0+178.86	0+180.00	0+200.00	0+220.00	0+223.81	0+240.00	0+260.00	0+265.26	0+280.00	0+300.00	0+314.13	0+320.00	0+340.00	0+350.15	0+360.00	0+380.00	0+396.46				

DETALLE DE LA RAMPA DE DESCARGA



DETALLE DE LA CUNETA



ESCALAS Y PROYECCIÓN

ESCALAS DE IMPRESIÓN

E.H.: 1:1000
E.V.: 1:100

ESCALAS GRAFICAS:

ESC. 1:100

ESC. 1:1000

ELIPSOIDE .....SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 1984
CUADRÍCULA .....ZONA 17 (LÍNEAS NUMERADAS EN NEGRO)
PROYECCIÓN .....UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM VERTICAL .....NIVEL MEDIO DEL MAR
DATUM HORIZONTAL .....SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 1984

SIMBOLOGIA

PROYECTO HORIZONTAL

- EJE PROYECTO
- BORDILLO
- BORDE DE CORTE
- BORDE DE RELLENO
- PI HORIZONTAL
- ALCANTARILLA
- RÍOS O QUEBRADAS
- CASAS
- EMBALSE

PROYECTO VERTICAL

- PROYECTO VERTICAL
- TERRENO
- PI VERTICAL
- ALCANTARILLA

CAMINOS Y VIAS EXISTENTES

- VÍA DISEÑADA
- CAMINO VECINAL

UBICACIÓN EN EL PROYECTO



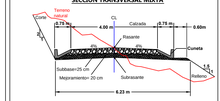
TABLA DE RESUMEN DE MATERIALES

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
TOTAL VOLUMEN CORTE	m3	1374.4
TOTAL VOLUMEN RELLENO	m3	0.0
TOTAL SUBBASE	m3	469.5
TOTAL MEJORAMIENTO	m3	446.2
TOTAL VOLUMEN CUNETAS Y RAMPAS DE DESCARGA	m3	100.1

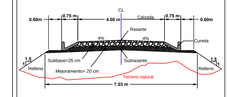
SECCIONES TIPO

CAMINO VECINAL TIPO 4

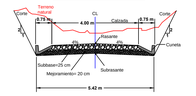
SECCIÓN TRANSVERSAL MIXTA



SECCIÓN TRANSVERSAL RELLENO



SECCIÓN TRANSVERSAL CORTE



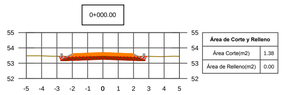
UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería Civil

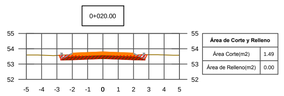
CONTIENE:
DISEÑO DEFINITIVO DE LA VÍA DE REPOSICIÓN 40V_LCH2_1
ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL (0+000.00 - 0+396.46)

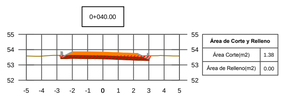
LAMINA:	ESCALA HORIZONTAL: 1:1000 ESCALA VERTICAL: 1:100	FECHA:
REP_AGT_LCH2_01/06		OCTUBRE / 2015

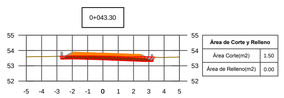
DISEÑO Y DIBUJO:	REVISIÓN:
SEBASTIÁN BOLAÑOS ABAD	ING. JAIME GUZMÁN CRESPO

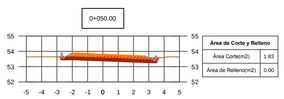
SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA DE REPOSICIÓN 40V_LCH2_1
0+000.00 - 0+396.46

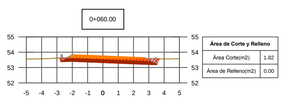


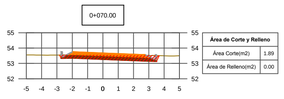


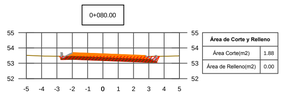


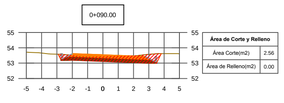


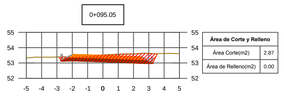


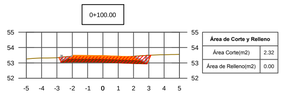


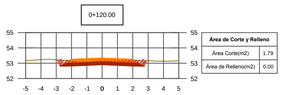


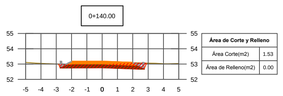


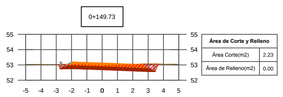


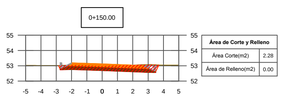


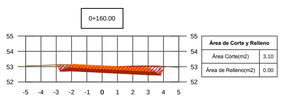


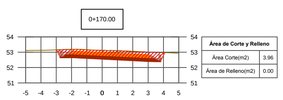


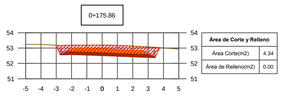


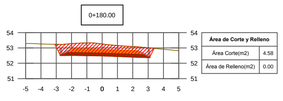


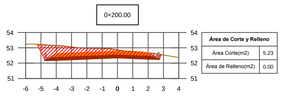


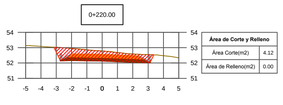


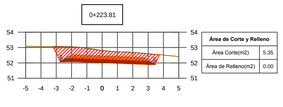


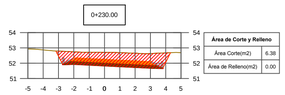


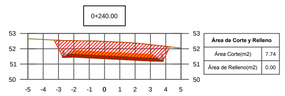


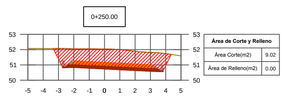


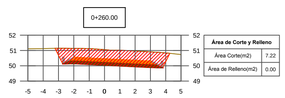


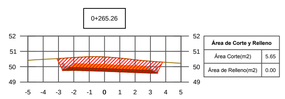


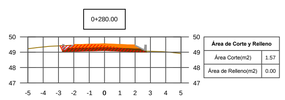


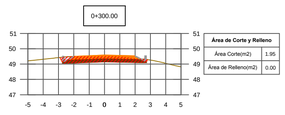


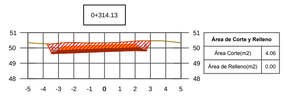


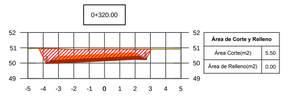


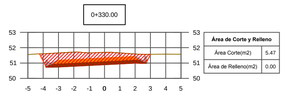


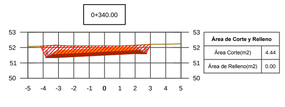


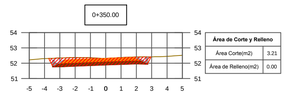


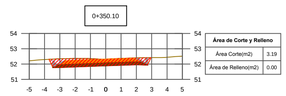


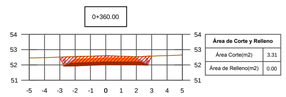


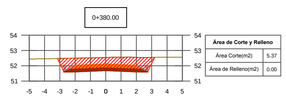


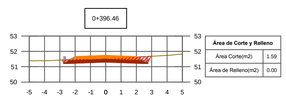




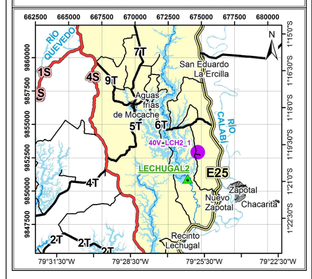








UBICACIÓN EN EL PROYECTO



SIMBOLOGIA:

- TERRENO NATURAL
- CUNETA
- BORDE DE RELLENO
- BORDE DE CORTE
- SUBBASE
- MEJORAMIENTO

ESCALAS GRAFICAS:

ESC. 1:200 (0, 4, 8 m)

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería Civil

CONTIENE:
SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA DE REPOSICIÓN 40V_LCH2_1
(0+000.00 - 0+396.46)

LAMINA:
REP_AGT_LCH2_SEC_01/06

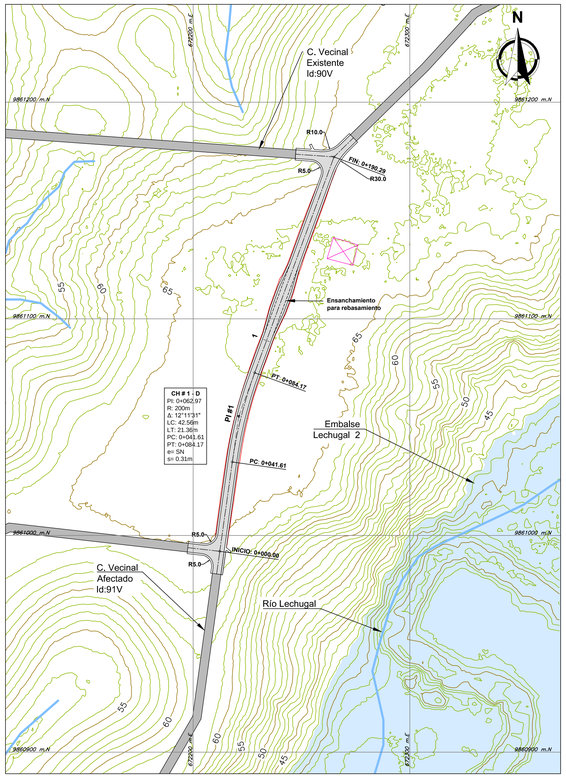
ESCALA H.: 1:200
ESCALA V.: 1:200

FECHA:
OCTUBRE / 2015

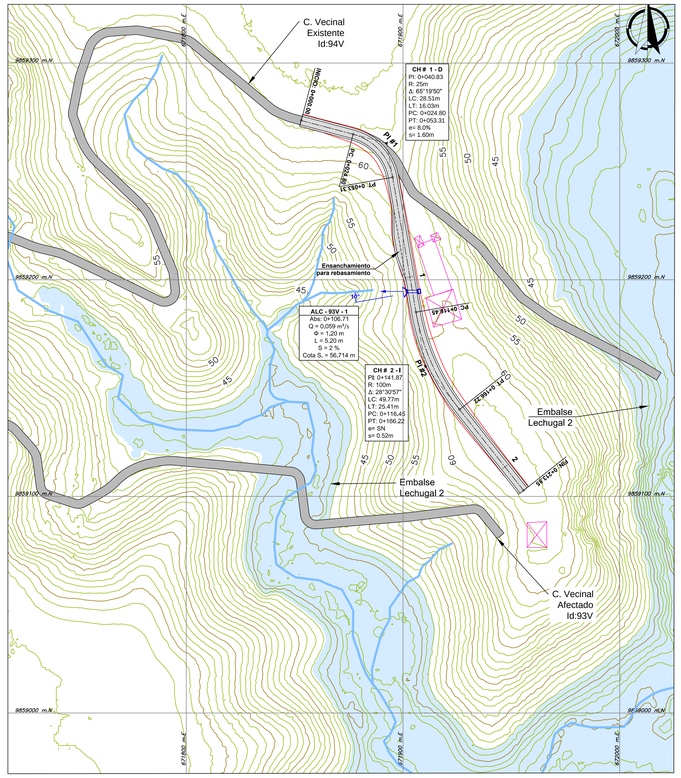
DISEÑO Y DIBUJO:
SEBASTIÁN BOLAÑOS ABAD

REVISIÓN:
ING. JAIME GUZMÁN CRESPO

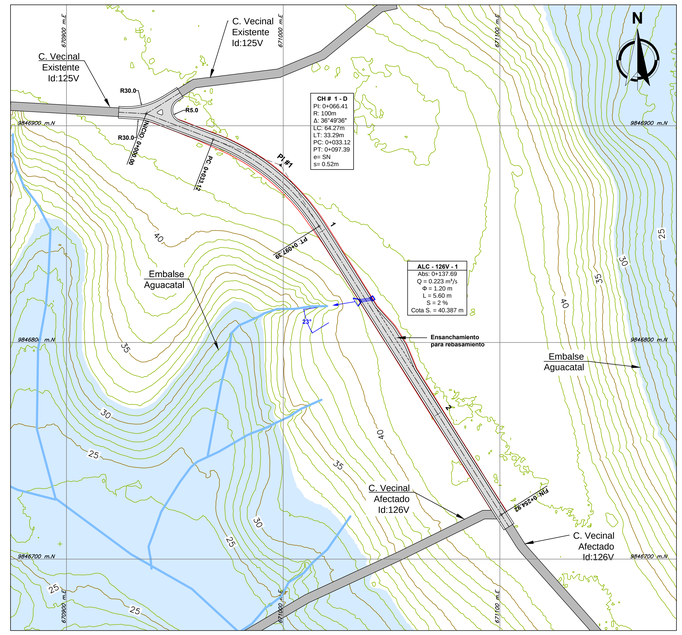
ALINEAMIENTO HORIZONTAL - VÍA 91V_LCH2_1



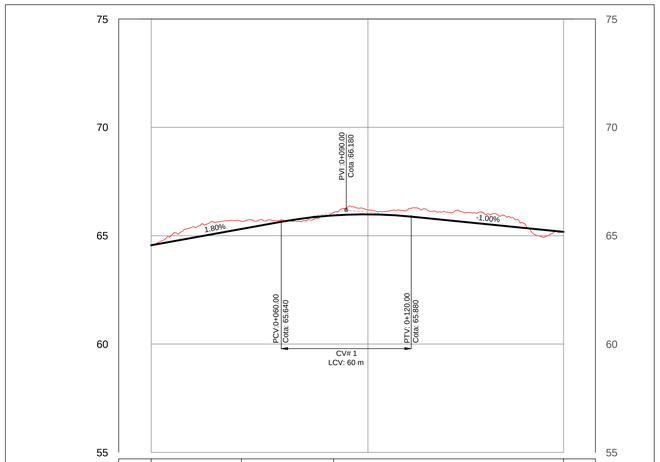
ALINEAMIENTO HORIZONTAL - VÍA 93V_LCH2_1



ALINEAMIENTO HORIZONTAL - VÍA 126V_AGT_2

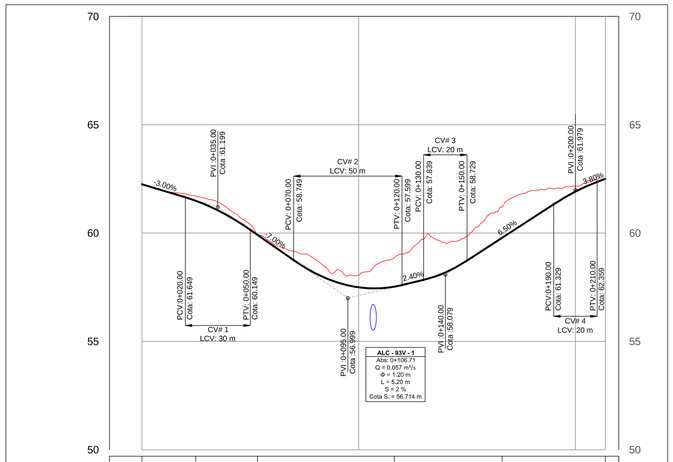


ALINEAMIENTO VERTICAL - VÍA 91V_LCH2_1



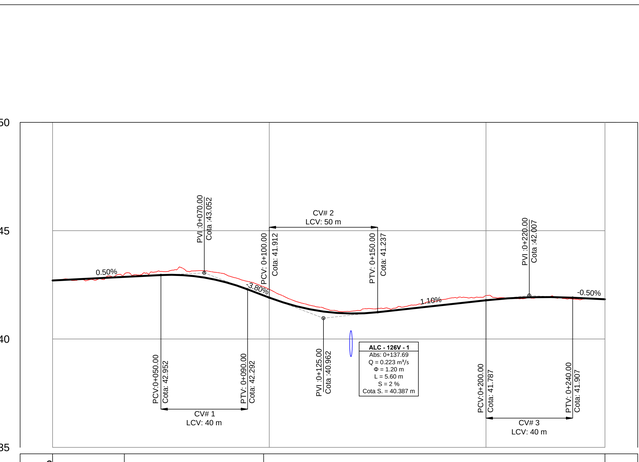
	INICIO			PC			PT								FIN
Relleno	0.00												0.32	0.00	0.00
Corte	0.00	0.47	0.43	0.35	0.09		0.01	0.13	0.21	0.39	0.45	0.48			
Cota Terreno	64.560	64.320	64.280	64.668	64.724	64.792	64.921	64.971	65.192	65.271	65.127	64.961	64.963	65.173	65.173
Cota Proyecto	64.560	64.320	64.280	64.309	64.640	64.907	64.907	64.938	64.987	64.880	64.680	64.480	64.280	65.177	
Abscisa	0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+041.61	0+060.00	0+080.00	0+084.17	0+094.17	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+160.00	0+180.00	0+198.28	0+198.28

ALINEAMIENTO VERTICAL - VÍA 93V_LCH2_1



	INICIO			PC			PT				PC			PT			FIN
Relleno	0.00																0.00
Corte	0.00		0.16	0.22		0.13		0.02	0.10		0.04		0.35	1.32	1.43	1.36	1.45	1.42	1.28		0.25	0.00	0.00
Cota Terreno	62.249		61.807	61.709		61.111		59.847	59.552		59.787		59.648	58.850	59.028	59.645	59.834	61.207	61.962		62.162	62.404	62.404
Cota Proyecto	62.249		61.649	61.489		60.792		59.447	59.143		59.143		57.493	57.626	57.999	59.192	59.378	59.764	60.679		61.911	62.169	62.169
Abscisa	0+000.00	0+020.00	0+024.80	0+040.00	0+040.00	0+053.33	0+060.00	0+080.00	0+083.33	0+100.00	0+116.43	0+120.00	0+140.00	0+150.00	0+166.22	0+180.00	0+200.00	0+210.00	0+213.85	0+213.85				

ALINEAMIENTO VERTICAL - VÍA 126V_AGT_2



	INICIO		PC						PT										FIN
Relleno	0.00		0.09														0.03	0.06	
Corte	0.00			0.13	0.05		0.32	0.24	0.35	0.49	0.38	0.18	0.13	0.16	0.26	0.22			0.03
Cota Terreno	42.702		42.702	42.715	42.867	42.995	42.969	43.268	43.145	43.973	43.515	41.582	41.307	41.503	41.921	41.910	41.900	41.846	41.869
Cota Proyecto	42.702		42.702	42.867	42.962	42.962	42.948	43.268	43.145	43.973	43.515	41.912	41.548	41.376	41.347	41.587	41.787	41.907	41.832
Abscisa	0+000.00	0+020.00	0+020.00	0+033.12	0+040.00	0+040.00	0+060.00	0+065.24	0+080.00	0+097.39	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+160.00	0+180.00	0+200.00	0+220.00	0+240.00	0+245.24

TABLA DE RESUMEN DE MATERIALES VÍA 91V_LCH2_1

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
TOTAL VOLUMEN CORTE	m3	594.1
TOTAL VOLUMEN RELLENO	m3	6.9
TOTAL SUBBASE	m3	214.0
TOTAL MEJORAMIENTO	m3	205.7
TOTAL VOLUMEN CUNETAS Y RAMPAS DE DESCARGA	m3	48.1

TABLA DE RESUMEN DE MATERIALES VÍA 93V_LCH2_1

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
TOTAL VOLUMEN CORTE	m3	1364.2
TOTAL VOLUMEN RELLENO	m3	0.3
TOTAL SUBBASE	m3	257.1
TOTAL MEJORAMIENTO	m3	244.1
TOTAL VOLUMEN CUNETAS Y RAMPAS DE DESCARGA	m3	53.5

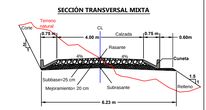
TABLA DE RESUMEN DE MATERIALES VÍA 126V_AGT_2

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
TOTAL VOLUMEN CORTE	m3	711.2
TOTAL VOLUMEN RELLENO	m3	0.0
TOTAL SUBBASE	m3	287.4
TOTAL MEJORAMIENTO	m3	275.6
TOTAL VOLUMEN CUNETAS Y RAMPAS DE DESCARGA	m3	63.7

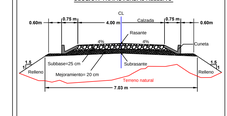
SECCIONES TIPO

CAMINO VECINAL TIPO 4

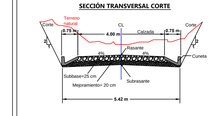
SECCIÓN TRANSVERSAL MIXTA



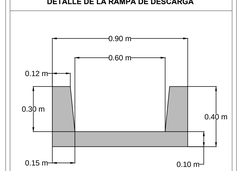
SECCIÓN TRANSVERSAL RELLENO



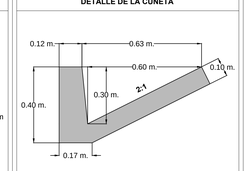
SECCIÓN TRANSVERSAL CORTE



DETALLE DE LA RAMPA DE DESCARGA



DETALLE DE LA CUNETA



ESCALAS Y PROYECCIÓN

ESCALAS DE IMPRESIÓN

E.H.: 1:1000
E.V.: 1:100

ESCALAS GRAFICAS:

ESC. 1:100



ESC. 1:1000



ELIPSOIDE .....SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 1984
CUADRÍCULA .....ZONA 17 (LÍNEAS NUMERADAS EN NEGRO)
PROYECCIÓN .....UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM VERTICAL: .....NIVEL MEDIO DEL MAR
DATUM HORIZONTAL: .....SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL (WGS) 1984

SIMBOLOGIA

PROYECTO HORIZONTAL

- EJE PROYECTO
- BORDILLO
- BORDE DE CORTE
- BORDE DE RELLENO
- PI HORIZONTAL
- ALCANTARILLA
- RÍOS O QUEBRADAS
- CASAS
- EMBALSE

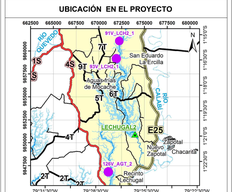
PROYECTO VERTICAL

- PROYECTO VERTICAL
- TERRENO
- PI VERTICAL
- ALCANTARILLA

CAMINOS Y VIAS EXISTENTES

- VÍA DISEÑADA
- CAMINO VECINAL

UBICACIÓN EN EL PROYECTO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería Civil

CONTIENE:

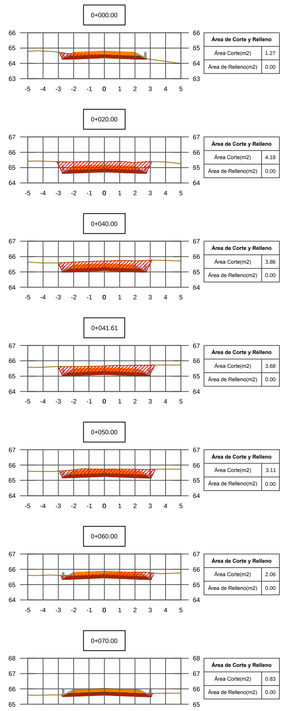
DISEÑO DEFINITIVO DE LAS VÍAS DE REPOSICIÓN 91V_LCH2_1, 93V_LCH2_1 Y 126V_AGT_2

ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL

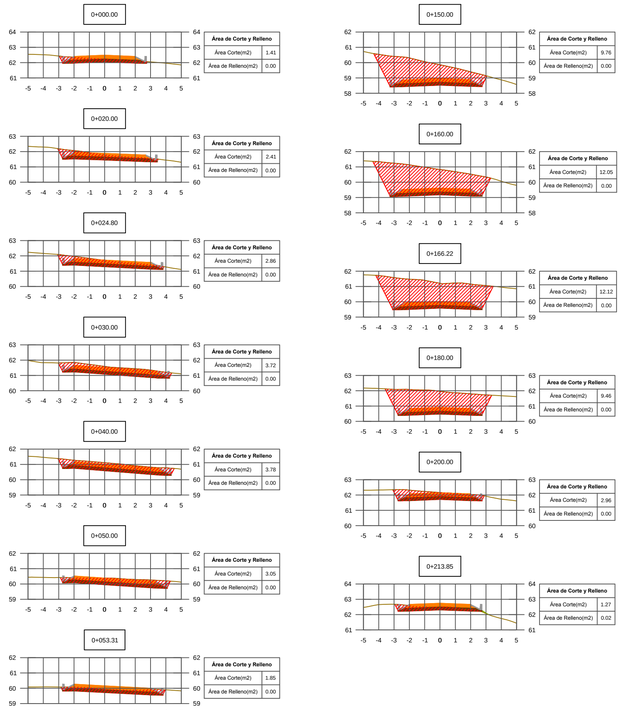
LAMINA:	ESCALA HORIZONTAL:	FECHA:
REP_AGT_LCH2_02/06	1:1000	SEPTIEMBRE / 2015
	ESCALA VERTICAL: 1:100	

DISEÑO Y DIBUJO:	REVISIÓN:
SEBASTIÁN BOLAÑOS ABAD	ING. JAIME GUZMÁN CRESPO

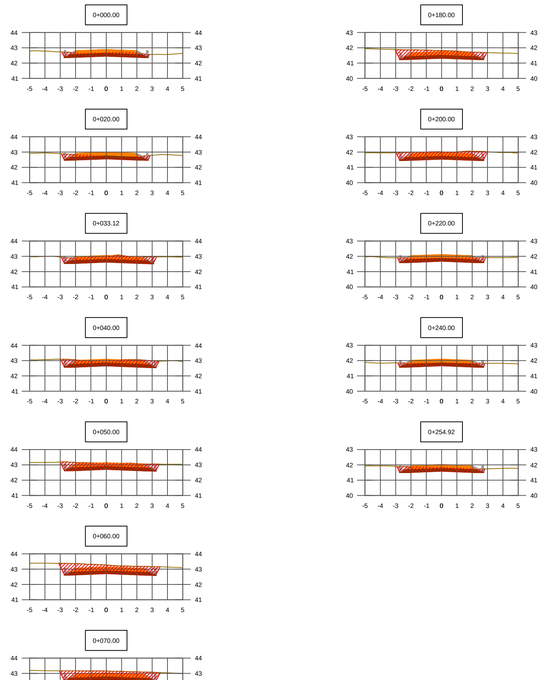
SECCIONES TRANSVERSALES - VÍA 91V_LCH2_1
0+000.00 - 0+190.29



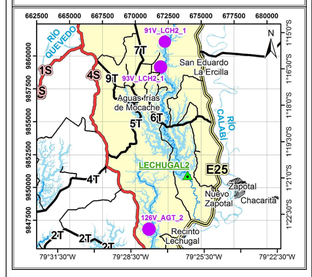
SECCIONES TRANSVERSALES - VÍA 93_LCH2_1
0+000.00 - 0+213.85



SECCIONES TRANSVERSALES - VÍA 126V_AGT_2
0+000.00 - 254.92



UBICACIÓN EN EL PROYECTO



SIMBOLOGIA:

- TERRENO NATURAL
- CUNETA
- BORDE DE RELLENO
- BORDE DE CORTE
- SUBBASE
- MEJORAMIENTO

ESCALAS GRAFICAS:

ESC. 1:200 (2, 4, 8 m)

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería Civil

CONTIENE:
SECCIONES TRANSVERSALES
DE LAS VÍAS DE REPOSICIÓN
91V_LCH2_1, 93V_LCH2_1 Y 126V_AGT_2

LAMINA: REP_AGT_LCH2_SEC_02/06

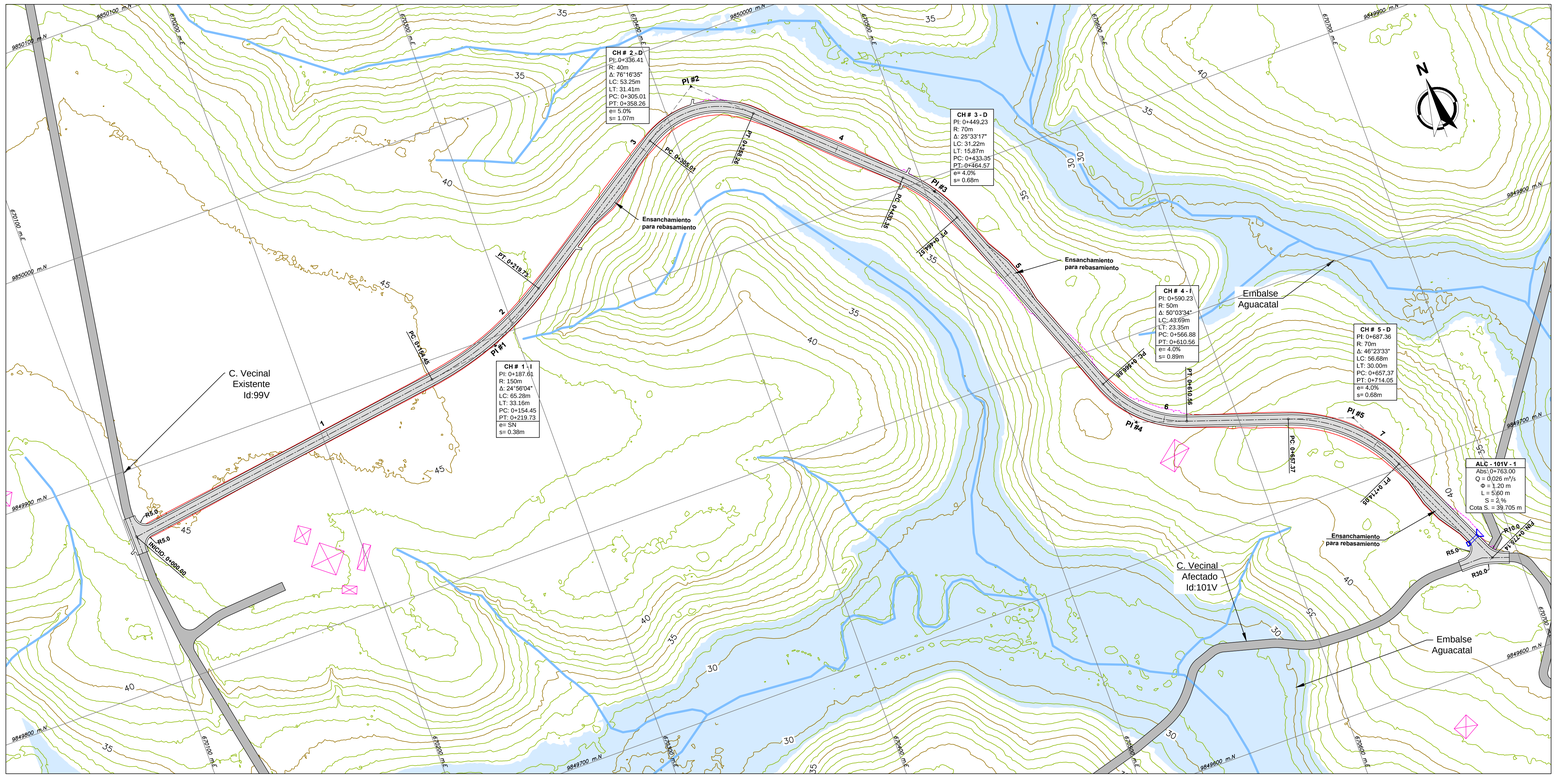
ESCALA H.: 1:200
ESCALA V.: 1:200

FECHA: OCTUBRE / 2015

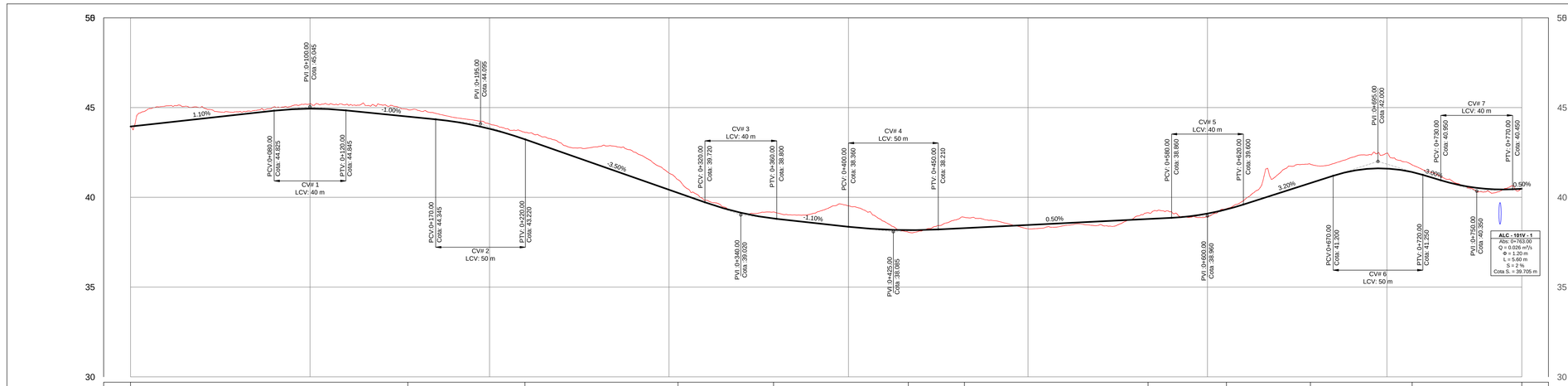
DISEÑO Y DIBUJO: SEBASTIÁN BOLAÑOS ABAD

REVISIÓN: ING. JAIME GUZMÁN CRESPO

ALINEAMIENTO HORIZONTAL



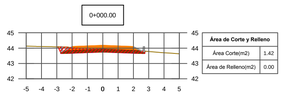
ALINEAMIENTO VERTICAL

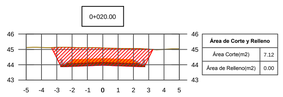


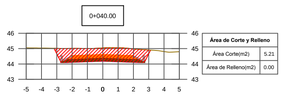
| Abscisa | INICIO | | | | | | | | | | | PC | | | | | | | | | | |

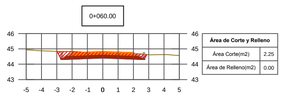
SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA DE REPOSICIÓN 101V_AGT_1

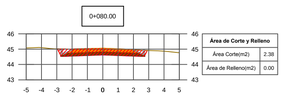
0+000.00 - 0+775.14

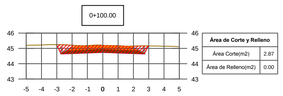


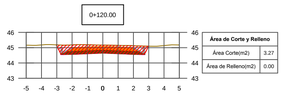


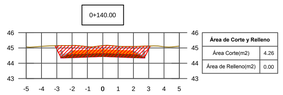


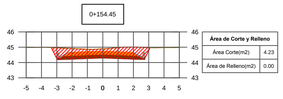


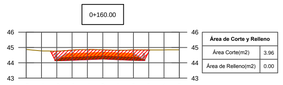


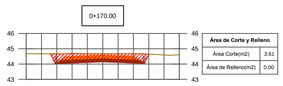


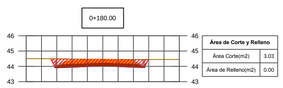


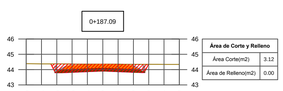


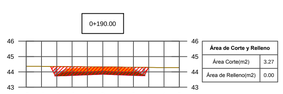


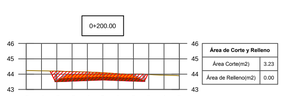


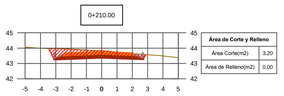


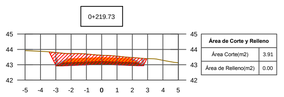


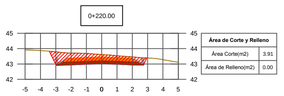


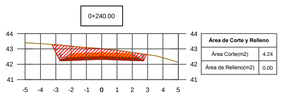


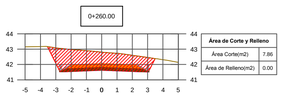


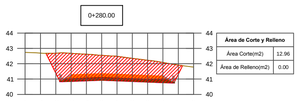


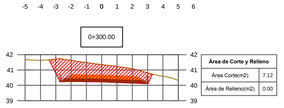


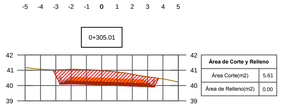


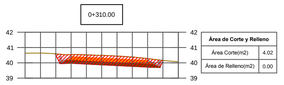


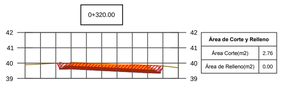


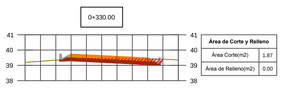


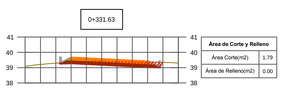


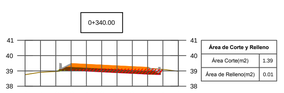


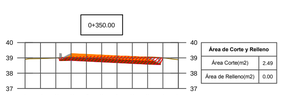


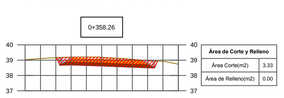


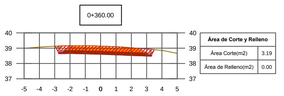


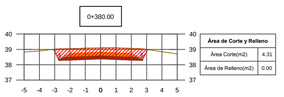


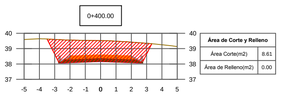


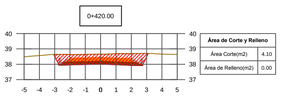


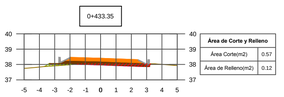


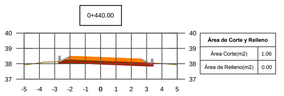


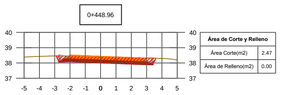


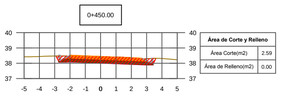


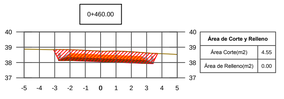


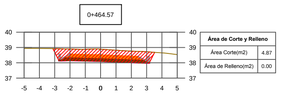


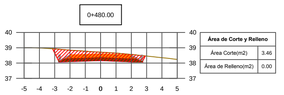


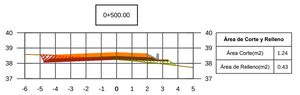


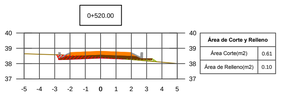


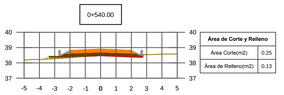


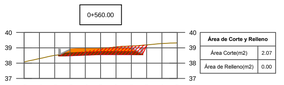


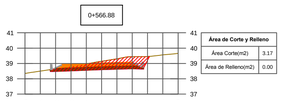


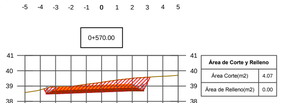


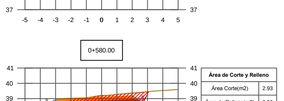


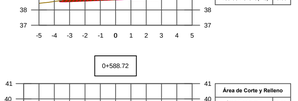


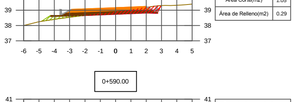


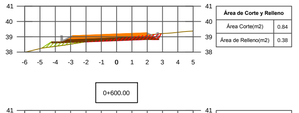


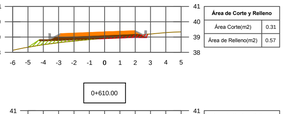


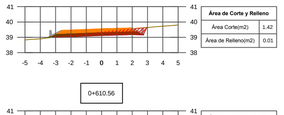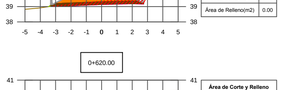






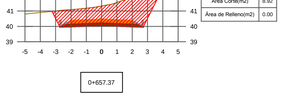


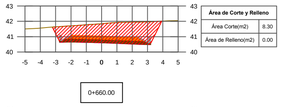


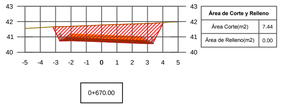


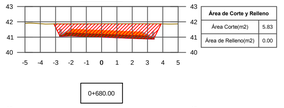


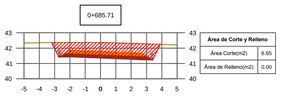


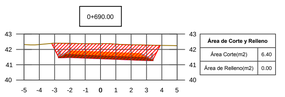


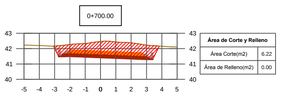


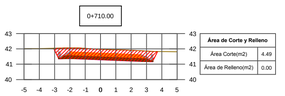


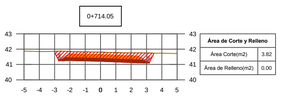


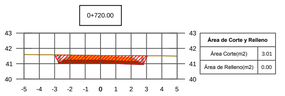


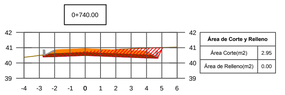


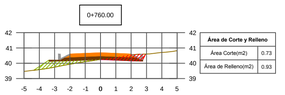


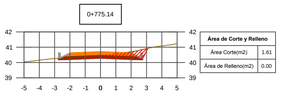


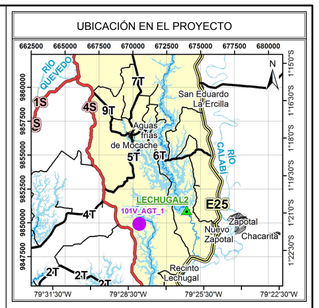












SIMBOLOGIA:

- TERRENO NATURAL
- CUNETA
- BORDE DE RELLENO
- BORDE DE CORTE
- SUBBASE
- MEJORAMIENTO

ESCALAS GRAFICAS:

ESC. 1:200 (2, 4, 8 m)

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería Civil

CONTIENE:
SECCIONES TRANSVERSALES
DE LA VÍA DE REPOSICIÓN
101V_AGT_1
(0+000.00 - 0+775.14)

LAMINA:
REP_AGT_LCH2_SEC_06/06

ESCALA H.: 1:200
ESCALA V.: 1:200

FECHA:
OCTUBRE / 2015

DISEÑO Y DIBUJO:
SEBASTIÁN BOLAÑOS ABAD

REVISIÓN:
ING. JAIME GUZMÁN CRESPO