

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE VIAS

**DISEÑO GEOMETRICO DE VIALIDAD DE  
ACCESO AL PUENTE BINACIONAL TIENDITAS**

**Trabajo para optar al grado de Especialista en Ingeniería Vial**

Realizado por

Ing. Golfredo José Ramírez Ramírez

2016

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

### **DEDICATORIA**

Este logro es para las generaciones por venir, como un ejemplo a la constancia y dedicación para alcanzar las metas propuestas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios todopoderoso por darme fuerzas y lograr el objetivo propuesto.

A Ingrid Rujano compañera fiel, por todo el apoyo incondicional recibido.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE SIMBOLOS.....	xv
RESUMEN.....	xviii
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL.....	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Justificación.....	4
1.3. Objetivos.....	5
1.4. Alcance.....	5
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.1.1. Planteamiento del proyecto.....	9
2.1.2. Estudio de la Sección Transversal.....	10
2.2. Bases Teóricas.....	14
2.2.1. Localización de la vía.....	14
2.2.2. Velocidad de Proyecto.....	14
2.2.3. Sección Transversal.....	15
2.2.4. Vehículo tipo.....	17
2.2.5. Diseño Geométrico.....	17
2.2.6. Diseño de Intersecciones.....	20
2.2.7. Volumen de Tránsito.....	28

2.2.8. Demanda.....	28
2.2.9. Capacidad.....	29
2.2.10. Rata horaria de flujo.....	29
2.2.11. Volumen Horario de Proyecto.....	29
2.2.12. Factor de Distribución Direccional.....	29
2.2.13. Volumen de la Hora Pico.....	29
2.2.14. Factor Hora Pico.....	29
2.2.15. Factor de la hora 30.....	30
2.2.16. Densidad.....	30
2.2.17. Estimación del tráfico futuro.....	30
2.2.18. Asignación del tráfico.....	32
2.2.19. Capacidad en Intersecciones controladas por pare HCM 2010.....	35
2.2.20. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	53
2.2.21. Dispositivos para el control del tránsito INTT (2009).....	56
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	58
3.1. Consideraciones Generales.....	58
3.2. Ubicación del proyecto.....	58
3.3. Descripción del sitio.....	62
3.4. Metodología.....	62
3.4.1. Acceso a Puente Binacional Tienditas.....	63
3.4.2. Intersección a Nivel entre Vía de acceso a Puente Binacional Tienditas y carretera San Antonio – Ureña.....	64
3.5. Mediciones.....	65
3.5.1. Mediciones de tráfico en Puente Internacional Francisco de Paula Santander.....	66
3.5.2. Mediciones de tráfico en Puente Internacional Simón	

Bolívar.....	69
3.5.3. Mediciones de tráfico sobre carretera San Antonio – Ureña.....	69
3.5.4. Topografía de la zona de implantación del proyecto....	69
CAPITULO IV. CONTEOS VEHICULARES EN PUENTES INTERNACIONALES EXISTENTES.....	70
4.1. Puente Internacional Francisco de Paula Santander Ureña estado Táchira .....	70
4.2. Puente Internacional Simón bolívar San Antonio Estado Táchira.....	86
4.3. Carretera San Antonio – Ureña.....	96
CAPITULO V. ANÁLISIS DE CONTEOS VEHICULARES.....	100
5.1. Consideraciones Generales.....	100
5.2. Análisis de los resultados.....	100
5.2.1. Estimación del tráfico futuro.....	102
5.2.2. Asignación de tráfico “Método Logit”.....	105
5.3. Análisis operacional.....	113
5.3.1. Análisis Operacional con estimación de tráfico a futuro de 5 años y rata de crecimiento del 3%.....	114
CAPITULO VI. PROYECTO DE VIALIDAD DE ACCESO LADO VENEZUELA A PUENTE BINACIONAL TIENDITAS E INTERSECCION.....	123
6.1. Consideraciones generales.....	123
6.2. Directrices de diseño.....	124
6.3. Vía de acceso a Puente Binacional Tienditas.....	125
6.3.1. Alineamiento horizontal.....	125
6.3.2. Alineamiento vertical.....	129
6.3.3. Sección transversal.....	130
6.4. Instalaciones Centro Nacional de Aduanas y Fronteras (CENAF).....	132

6.5. Intersección a nivel de vía de acceso a Puente Binacional	
Tienditas con carretera San Antonio – Ureña.....	134
6.5.1. Alineamiento San Antonio – Ureña.....	135
6.5.2. Rampa Ureña – Puente Binacional.....	140
6.5.3. Rampa San Antonio – Puente Binacional.....	145
6.5.4. Rampa Puente Binacional – Ureña.....	148
6.5.5. Rampa Puente Binacional – San Antonio.....	151
6.6. Señalización y Demarcación.....	154
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	155
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	158
BIBLIOGRAFIA.....	160
ANEXO I.....	163
ANEXO II.....	167

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## LISTA DE TABLAS

2.1 Anchos usuales de Hombrillos.....	16
2.2 Valores normales de peralte y curvatura.....	18
2.3 Radios mínimos de curvatura.....	19
2.4 Combinación de volúmenes por encima de los cuales debe considerarse el uso de semáforos en carreteras rurales.....	22
2.5 Radios mínimos en esquinas de intersección definidos por la velocidad de giro a la derecha.....	23
2.6 Radios normales en intersecciones.....	24
2.7 Criterio para determinar Nivel de Servicio (NS).....	36
2.8 Intervalo crítico base para Intersecciones controladas por Pare....	45
2.9 Intervalo entre vehículos sucesivos base para Intersecciones controladas por Pare.....	46
4.1 Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Sentido Colombia – Venezuela.....	71
4.2 Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Sentido Venezuela – Colombia.....	72
4.3 Indicadores de Tráfico. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Sentido Colombia - Venezuela.....	73
4.4 Indicadores de Tráfico. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Sentido Venezuela – Colombia.....	73
4.5 Distribución Direccional del Tráfico Puente Internacional Francisco de Paula Santander.....	79

4.6 Estimaciones del PDT en función del conteo horario.....	80
4.7 Volúmenes vehiculares en Troncal T001 Sector Palo Grande. Día Martes 13/06/2006.....	82
4.8 Volúmenes vehiculares en Troncal T001 Sector Palo Grande. Día Miércoles 14/06/2006.....	83
4.9 Factor de medición para calibración obtenido de registros de volúmenes vehiculares en Troncal T001 Sector Palo Grande.....	84
4.10 Estimación del PDT Puente Internacional Francisco de Paula Santander.....	84
4.11 PDT Puente Internacional Francisco de Paula Santander.....	85
4.12 Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Sentido Colombia – Venezuela.....	86
4.13 Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Sentido Venezuela – Colombia.....	87
4.14 Indicadores de Tráfico. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Sentido Colombia - Venezuela.....	88
4.15 Indicadores de Tráfico. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Sentido Venezuela – Colombia.....	88
4.16 Distribución Direccional del Tráfico Puente Internacional Simón Bolívar.....	94
4.17 Estimación del PDT Puente Internacional Simón Bolívar.....	95
4.18 PDT Puente Internacional Simón Bolívar.....	95
4.19 Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Carretera San Antonio - Ureña Estado Táchira. Sentido San Antonio – Ureña.....	96

4.20 Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Carretera San Antonio - Ureña Estado Táchira. Sentido Ureña - San Antonio.....	97
4.21 Indicadores de Tráfico. Carretera San Antonio Ureña. Sentido San Antonio – Ureña.....	97
4.22 Indicadores de Tráfico. Carretera San Antonio Ureña. Sentido Ureña – San Antonio.....	97
4.23 Distribución Direccional del Tráfico carretera San Antonio – Ureña.....	98
4.24 Estimación del PDT carretera San Antonio – Ureña.....	99
4.25 PDT Carretera San Antonio – Ureña.....	99
5.1 Resumen de los Indicadores de Tráfico obtenidos el día miércoles 17/09/2014.....	101
5.2 PDT futuro estimado para 5 y 20 años (ambos sentidos) en Puente Francisco de Paula Santander Ureña Estado Táchira.....	103
5.3 PDT futuro estimado para 5 y 20 años (ambos sentidos) en Puente Simón Bolívar San Antonio Estado Táchira.....	104
5.4 PDT futuro estimado para 5 y 20 años (ambos sentidos) en carretera San Antonio – Ureña Estado Táchira.....	105
5.5 Demora y Nivel de Servicio de los movimientos estudiados.....	120
5.6 Demora y Nivel de Servicio de los movimientos estudiados con intersección canalizada.....	122
6.1 Coordenadas del alineamiento de la Vía de Acceso a Puente Binacional Tienditas.....	126
6.2 Cuadro de curvas del alineamiento de la Vía de Acceso a Puente Binacional Tienditas.....	126
6.3 Coordenadas y elementos del alineamiento San Antonio – Ureña.	135
6.4 Coordenadas y elementos del alineamiento Ureña – Puente Binacional.....	141
6.5 Coordenadas y elementos del alineamiento San Antonio – Puente Binacional.....	145

6.6 Coordenadas y elementos del alineamiento Puente Binacional – Ureña.....	148
6.7 Coordenadas y elementos del alineamiento Puente Binacional – San Antonio.....	151

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## LISTA DE FIGURAS

2.1 Sección Transversal Puente Binacional Tienditas.....	13
2.2 Volúmenes en una intersección con señales de preferencia de paso o PARE.....	22
2.3 Elementos que definen la longitud de un canal de giro a la izquierda.....	25
2.4 Criterios para la proporción de canales adicionales de giro a la izquierda.....	26
2.5 Elementos de un canal de almacenamiento.....	27
2.6 Metodología del HCM 2010 para intersecciones controladas por pare.....	39
2.7 Esquema de movimientos en intersección en “T”.....	40
2.8 Definición de movimiento en conflicto con el giro a la izquierda desde vía prioritaria.....	41
2.9 Definición de movimiento en conflicto con el giro a la derecha desde vía no prioritaria.....	42
2.10 Definición de movimiento en conflicto con el giro a la izquierda desde vía no prioritaria.....	43
3.1 Ubicación Geográfica.....	59
3.2 Plano de ubicación puente Las Tienditas.....	60
3.3 Conexiones viales existentes.....	61
3.4 Centros poblados cercanos.....	61
3.5 Topografía del sitio.....	62
3.6 Esquema Metodológico de Proyecto de Vialidad del acceso a Puente Binacional Tienditas.....	63

3.7 Esquema Metodológico del Proyecto de Intersección vía de acceso al Puente Binacional Tienditas con la carretera San Antonio – Ureña.....	64
3.8 Ubicación de Puente Internacional Francisco de Paula Santander y de Puente Internacional Simón Bolívar.....	66
3.9 Planilla tipo de conteos direccionales.	68
4.1 Variación del volumen de tránsito mixto sentido Colombia – Venezuela. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira.....	74
4.2 Variación del volumen de tránsito mixto sentido Venezuela – Colombia. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira.....	75
4.3 Variación horaria del volumen de tránsito y composición vehicular sentido Colombia – Venezuela en Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Datos día miércoles.....	76
4.4 Variación horaria del volumen de tránsito y composición vehicular sentido Venezuela – Colombia en Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Datos día miércoles.....	77
4.5 Variaciones del volumen de vehículos pesados sentido Colombia – Venezuela en Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira.....	78
4.6 Variaciones del volumen de vehículos pesados sentido Venezuela – Colombia en Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira.....	78
4.7 Variación del volumen de tránsito mixtos ambos sentidos en Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira.....	79
4.8 Variación del volumen de tránsito mixto sentido Colombia – Venezuela. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira.....	89
4.9 Variación del volumen de tránsito mixto sentido Venezuela –	

Colombia. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira.....	90
4.10 Variación horaria del volumen de tránsito y composición vehicular sentido Colombia – Venezuela. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Datos día miércoles.....	91
4.11 Variación horaria del volumen de tránsito y composición vehicular sentido Venezuela – Colombia. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Datos día miércoles.....	92
4.12 Variaciones del volumen de vehículos pesados sentido Colombia – Venezuela en Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira.....	93
4.13 Variaciones del volumen de vehículos pesados sentido Venezuela – Colombia en Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira.....	93
4.14 Variación del volumen de tránsito mixtos ambos sentidos en Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira.....	94
5.1 Esquema general de alternativas de ruta en Ureña y San Antonio del Táchira.....	106
5.2 Esquema para aplicación del Método Logit en Puente Francisco de Paula Santander.....	107
5.3 Esquemas con la data para aplicación del método Logit.....	108
5.4 Esquema de volúmenes futuros a 5 años Método Logit Ureña.....	109
5.5 Esquema para aplicación del Método Logit en Puente Simón Bolívar.....	110
5.6 Configuración de los canales en la intersección a Puente Binacional Tienditas. Numeración de cada movimiento.....	111
5.7 Esquema de volúmenes futuros a 5 años Método Logit San Antonio.....	112
5.8 Volúmenes Máximos en 15 min estimados para la nueva intersección entre Carretera San Antonio – Ureña y Acceso a Puente	

Binacional Tienditas.....	114
5.9 Configuración de los canales en la intersección a Puente Binacional Tienditas. Numeración de cada movimiento.....	115
5.10 Ratas Horarias para los movimientos involucrados en el estudio.....	116
5.11 Niveles de Servicio de los movimientos estudiados para una estimación del tráfico a 5 años.....	121
6.1 Ubicación de Puente Binacional y Vialidad de acceso Lado Venezuela.....	123
6.2 Vialidad de acceso Lado Venezuela a Puente Binacional Tienditas.....	128
6.3 Sección Transversal Vialidad de Acceso Lado Venezuela T-T.....	131
6.4 Sección Transversal Vialidad de Acceso Lado Venezuela P-P.....	131
6.5 Instalaciones del CENAF, SENIAT y Guardia Nacional.....	133
6.6 Intersección entre carretera San Antonio – Ureña y vía de acceso a Puente Binacional Tienditas.....	134
6.7 Sección Transversal Tipo A-A’.....	138
6.8 Sección Transversal Tipo F-F’.....	138
6.9 Sección Transversal Tipo G-G’.....	140
6.10 Sección Transversal Tipo H-H’.....	140
6.11 Alineamiento Rampa Ureña – Puente Binacional.....	142
6.12 Sección Transversal Tipo B-B’.....	144
6.13 Alineamiento Rampa San Antonio – Puente Binacional.....	146
6.14 Sección Transversal Tipo E-E’.....	147
6.15 Alineamiento Rampa Puente Binacional – Ureña.....	149
6.16 Sección Transversal Tipo D-D’.....	150
6.17 Alineamiento Rampa Puente Binacional – San Antonio.....	152
6.18 Sección Transversal Tipo C-C’.....	153

## LISTA DE SÍMBOLOS

Capacidad	C
Capacidad final de los movimientos categoría 3.	$c_{m,k}$
Capacidad potencial del movimiento x	$c_{p,x}$
Demora	d
Demora de los vehículos de la categoría 1	$d_{categoria\ 1}$
Demora de los vehículos que giran a la izquierda	$d_{M,LT}$
Factor de ajuste de la capacidad	$f_k$
Factor de ajuste por geometría de la intersección para el intervalo crítico	$t_{3,LT}$
Factor de ajuste por pendiente para el intervalo crítico	$t_{c,G}$
Factor de ajuste por vehículos pesados para intervalo crítico	$t_{c,HV}$
Factor de ajuste por vehículos pesados para intervalo entre vehículos sucesivos	$t_{f,HV}$
Factor de Distribución Direccional	D
Factor Hora Pico	PHF
Grado de saturación combinado para movimientos recto y de giro a la derecha en vía prioritaria	$x_{i,1+2}$
Intervalo base entre vehículos sucesivos	$t_{f,base}$
Intervalo crítico base	$t_{c,base}$
Intervalo crítico para el movimiento x	$t_{c,x}$
Intervalo entre vehículos sucesivos para el movimiento x	$t_{f,x}$
Longitud de almacenamiento	$L_3$
Longitud del ensanche	$L_1$

Longitud de Transición	$L_2$
Nivel de Servicio	NS
Pendiente en porcentaje para el intervalo crítico	$G$
Período de tiempo del análisis	$T$
Porcentaje de vehículos pesados	$\%VP$
Probabilidad de que el movimiento de giro a la izquierda vía prioritaria esté libre de cola	$p_{0,j}$
Promedio Diario de Tránsito	PDT
Promedio Diario de Tránsito Anual	PDTA
Proporción de vehículos pesados para el intervalo crítico	$P_{HV}$
Proporción de que los vehículos de la categoría 1 no sean bloqueados	$p_{0,j}^*$
Rata de flujo en conflicto con el movimiento 4	$v_{c,4}$
Rata de flujo en conflicto con el movimiento 7	$v_{c,7}$
Rata de flujo en conflicto con el movimiento 9	$v_{c,9}$
Rata de flujo del movimiento 1	$v_1$
Rata de flujo del movimiento 2	$v_2$
Rata de flujo del movimiento 3	$v_3$
Rata de flujo del movimiento 4	$v_4$
Rata de flujo del movimiento 5	$v_5$
Rata de flujo del movimiento 14	$v_{14}$
Rata de flujo del movimiento 15	$v_{15}$
Rata horaria de flujo	$v$
Rata horaria del movimiento que sigue recto en la vía prioritaria	$v_{i1}$
Rata horaria movimiento giro a la derecha en la vía prioritaria	$v_{i2}$
Tasa de saturación del movimiento que sigue recto en la vía principal	$S_{i1}$
Tasa de saturación del movimiento de giro a la derecha de la vía principal	$S_{i2}$

Velocidad	S
Volumen de la Hora Pico	VHP
Volumen de Tránsito	V

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## RESUMEN

El corredor fronterizo San Antonio – Ureña con el Norte de Santander, se caracteriza por presentar un alto porcentaje del intercambio binacional entre Venezuela y Colombia desde el punto de vista socioeconómico, el cual se hace por medio de las ciudades de San Antonio del Táchira y Ureña del Estado Táchira. Es importante considerar la congestión que existe actualmente en ambos pasos fronterizos, debido al incremento del intercambio en ambas naciones, lo cual condujo a los gobiernos a desarrollar una nueva conexión, en un poblado llamado Tienditas del lado Venezuela y Villa Silvania lado Colombia, para lo que será el Puente Binacional Tienditas con una longitud de 280.20m tres pistas en volados sucesivos, dos para circulación vehicular con tres canales por sentido, y una tercera para el paso de peatones y ciclistas. La vialidad de acceso al Puente Binacional conectará de manera provisional con la carretera existente entre San Antonio y Ureña, la cual es de dos canales (uno por sentido), por lo que se deberán plantear las respectivas transiciones para la reducción de la sección transversal. Debido a la importancia de la vialidad de acceso, se deben ubicar las instalaciones del Centro Nacional de Fronteras, SENIAT, Guardia Nacional, y de acuerdo a los requerimientos del Estado se establecen el número de puntos de control vehicular y peatonal. Se plantea una intersección a nivel con señal de pare, la cual es provisional mientras se proyecta un paso a desnivel. En función de las mediciones de tráfico realizadas y al análisis operacional de la metodología HCM 2010, se considera esta intersección funcional y con un nivel de servicio aceptable.

**Palabras clave.** Intercambio, volumen, congestión, acceso, nivel de servicio, intersección, diseño geométrico.

## INTRODUCCION

El eje fronterizo San Antonio – Ureña con el Norte de Santander, está caracterizado por ser una zona muy dinámica desde el punto de vista socio-económico, un alto porcentaje del intercambio binacional con Colombia se realiza a través de los pasos fronterizos ubicados en las ciudades de San Antonio y Ureña del Estado Táchira.

Por tratarse de una zona de frontera, existe un tráfico apreciable de vehículos livianos, vehículos pesados, ciclistas y peatones, que a diario hacen uso de los puntos de conexión de ambos países.

La construcción de nuevas infraestructuras que conecten a Venezuela con Colombia, representa un desarrollo importante para las economías de ambos países, porque facilita y mejora la comunicación y el intercambio socio – económico. En la actualidad existen en la zona dos puntos de conexión, como lo son el Puente Internacional Francisco de Paula Santander (Ureña) y el Puente Internacional Simón Bolívar (San Antonio), los cuales presentan problemas de congestión a causa de la alta demanda de tráfico.

Un tercer punto de conexión estará ubicado adyacente a la población de Tienditas, y forma parte del Eje Integral Fronterizo San Cristóbal – Rubio – San Antonio – Ureña, que actualmente está en estudio.

En el presente trabajo se explicará el Diseño Geométrico, Señalización y Demarcación de la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas, de la intersección a nivel con la carretera San Antonio – Ureña y de los espacios requeridos para el centro Nacional de Aduanas y Fronteras (CENAF).

El proyecto definitivo de la vialidad estará enmarcado en los lineamientos estipulados por la Norma Venezolana para el proyecto de Carreteras vigente (1985).

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

# CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL

## *1.1 Planteamiento del Problema*

En el corredor fronterizo entre el Estado Táchira (Venezuela) y el Norte de Santander (Colombia), existen dos puntos de conexión internacional que se realizan por medio de los puentes Francisco de Paula Santander ubicado en Ureña, y el Simón Bolívar en San Antonio del Táchira, los cuales en la actualidad presentan problemas graves de transitabilidad debido a los altos volúmenes de tráfico que circulan diariamente por éstos.

La zona de fronteras se caracteriza por un tránsito de pasajeros importante entre las poblaciones que conectan con los puentes señalados, ya que funciona como un área de acceso libre, existiendo trabajadores que viven en un país y se trasladan por la frontera diariamente por razones laborales, de comercio o incluso familiares. Este tránsito se realiza en condiciones insatisfactorias e inseguras mediante la utilización de vehículos privados (carros y motocicletas), transporte público o mediante bicicletas y en forma peatonal.

Adicionalmente, el transporte de carga transita sobre las vías urbanas de los municipios de San Antonio y Ureña, provocando un gran congestionamiento que afecta la circulación normal en ambos lados de la frontera y las actividades de los pobladores de estos centros urbanos.

Por otra parte, se ha evidenciado el desgaste generalizado de las estructuras de los puentes, que actualmente presentan problemas de socavación en las pilas.

En la zona están presentes riesgos de inundaciones al producirse en los cauces del río Táchira acumulaciones importantes de sedimentos, que obstruyen los mismos y disminuyen el tirante libre de aire en dichos puentes, produciéndose el desborde del cauce hacia las áreas bajas al ocurrir crecidas en el río.

Como resultado de la situación planteada surge la necesidad por parte de los gobiernos de Venezuela y Colombia, de dar otra solución vial que permita aliviar el congestionamiento existente en los puentes Simón Bolívar y Francisco de Paula Santander, brindando mayor seguridad y confort a los usuarios que a diario demandan comunicarse por la frontera (Estado Táchira – Norte de Santander) entre ambos países.

## **1.2 Justificación**

Motivado a la necesidad de mejorar la situación existente, se hace necesario desarrollar una nueva conexión vial internacional, entre el Estado Táchira y el Norte de Santander, la cual permitirá aliviar los altos volúmenes de tráfico que circulan hoy día por los puentes existentes, moderando de este modo a su vez, los problemas de seguridad vial que se han generado en los Municipios de Ureña y San Antonio del Táchira.

Además, es importante señalar el desarrollo socio-económico que traerá como resultado la construcción de un nuevo punto de conexión entre Venezuela y Colombia, favoreciendo el intercambio comercial entre ambos países.

También se contará con una nueva estructura, la cual será diseñada en función de las demandas actuales de carga, y bajo los últimos criterios desarrollados para puentes de esta importancia.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas aplicando las consideraciones de diseño de la Norma Venezolana para proyectos de carreteras (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 1985)<sup>1</sup>.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Estudiar los conceptos fundamentales para el diseño de carreteras.
2. Examinar los criterios dados por la Norma Venezolana para el proyecto de carreteras (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 1985)<sup>1</sup>.
3. Explicar los estudios preliminares para el proyecto de la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas.
4. Proyectar el diseño geométrico del acceso al Puente Binacional Tienditas del lado Venezuela.
5. Realizar estudio de tránsito para la conexión futura entre la vialidad de acceso al Puente Binacional y la carretera San Antonio – Ureña.
6. Plantear una solución de intersección a nivel provisional que conecte la vialidad de acceso al Puente Binacional tienditas con la carretera San Antonio – Ureña.
7. Establecer la señalización y demarcación de la intersección y vialidad de acceso.

### **1.3 Alcance**

En el presente trabajo se presentará el Diseño Geométrico, Señalización y Demarcación de la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas, Intersección a nivel provisional con carretera San Antonio – Ureña, y los espacios requeridos para la operación del Centro Nacional de Aduanas y Fronteras.

## **CAPITULO II. MARCO TEORICO**

### ***2.1 Antecedentes***

El 7 de octubre de 2010, se dio la aprobación presidencial binacional a los cuatro proyectos de interconexión vial entre el departamento del Norte de Santander y el estado Táchira (puentes Simón Bolívar, Francisco de Paula Santander, Tienditas y eje vial Agua Clara – Guaramito - La Fría), designándose como proyecto ancla el correspondiente al puente Tienditas. (Segunda reunión de Ministros de Relaciones Exteriores y de la Comisión Binacional Venezuela-Colombia).

El 9 de abril del 2011, se firmó el Acta de compromiso en Cartagena de Indias, entre los gobiernos de la República Bolivariana de Venezuela y la República de Colombia, para la construcción del puente Tienditas.

El 14 de Julio 2011, se realizó la entrega por parte de Venezuela de diseños preliminares del puente Tienditas y el ramal Tienditas y se recibieron de parte de la representación de Colombia los comentarios iniciales al citado diseño. (Reunión de Viceministros de Infraestructura de Colombia y Venezuela)

El 5 de octubre del 2011, se realizó la entrega por parte de Venezuela de una nueva visualización para el puente Las Tienditas y se realizó la revisión de los comentarios de Colombia, solicitando evaluar la posibilidad de reducir el número de pilas y de considerar en el diseño y sistema constructivo la utilización de vigas postensadas. (Reunión de Viceministros de Infraestructura de Venezuela y Colombia)

El 24 de octubre 2011, se realizó ante la Corporación Andina de Fomento (CAF) la solicitud para prestar el apoyo financiero con recursos de CAF, al

proyecto del Puente en el sector Tienditas, para la realización de los estudios técnicos y ejecución de la obra (María Ángela Holguín Cuéllar, Ministra de Relaciones Exteriores, República de Colombia y Nicolás Maduro Moros, Ministro del Poder Popular para las Relaciones Exteriores, República Bolivariana de Venezuela).

El 31 de octubre de 2011, se recibió comunicación de la CAF, dirigida a María Ángela Holguín Cuéllar, Ministra de Relaciones Exteriores, República de Colombia y Nicolás Maduro Moros, Ministro del Poder Popular para las Relaciones Exteriores, República Bolivariana de Venezuela, manifestando la disposición de CAF a contribuir con la profundización de la integración entre ambos países, en particular con recursos para la elaboración de los estudios técnicos y la ejecución de la obra del puente Tienditas.

El 9 de noviembre 2011, se recibió comunicación de la CAF, remitiendo ficha de solicitud de cooperación, términos de referencia para los estudios del puente de Tienditas y términos de referencia para los estudios de Optimización y Facilitación del Paso de Frontera en la conexión Tienditas, solicitando la revisión de los documentos señalados y la incorporación los aspectos relativos a la normatividad venezolana, con el fin de dar continuidad a los trámites con la CAF. (Dra. María Constanza García Botero, Viceministro de Infraestructura del Ministerio de Transporte, República de Colombia, al Ing. William Peña, Viceministro de Infraestructura del MPPTT de la República Bolivariana de Venezuela).

El 27 noviembre de 2011, se emitió Informe ejecutivo del ministro del Poder Popular de Transporte Terrestre, Juan de Jesús García Toussaint para informar acerca del Proyecto de Construcción del Puente Internacional Binacional Colombia - Venezuela, entre el sector Las Tienditas (República Bolivariana de Venezuela) y Villa Silvania (República de Colombia), donde se

establecen las opciones para el desarrollo del puente Las Tienditas y fechas de ejecución del proyecto.

El 12 de enero 2012, se realizó una revisión del avance del proyecto y se presentó la modificación por parte de Venezuela de la estrategia de ejecución del proyecto (Reunión de Comisión Binacional de Seguimiento del proyecto) consistente en:

- Dirigir el proyecto del puente Las Tienditas bajo un enfoque integral considerando todos los componentes descritos en su alcance, incluyendo el puente, lo referente a las interconexiones del puente con los corredores viales existentes y el desarrollo de un paso de fronteras.
- Incorporar al alcance del proyecto, los trabajos de mejoras de los puentes Simón Bolívar y Francisco de Paula Santander, los cuales se definirán a través de estudios separados.
- Reforzar el equipo de proyecto venezolano encargado de desarrollar el diseño del puente Las Tienditas y realizar la designación de un representante técnico venezolano para el proyecto.
- Mejorar la interacción técnica entre las representaciones técnicas de Venezuela y Colombia para agilizar los procesos de revisión y aprobaciones
- Disminuir el tiempo para realización de los estudios y diseño.
- Analizar y definir el esquema más conveniente para proveer los recursos requeridos para ejecutar el proyecto.

La Estrategia de desarrollo del proyecto del puente sobre el río Táchira entre los sectores de Las Tienditas y Villa Silvania consideró:

- Redimensionamiento de los estudios geotécnicos e hidráulicos/hidrológicos y ambientales, incorporando profesionales venezolanos calificados, para adecuar su alcance considerando la

información del lado de Colombia y procesar las observaciones de las instituciones colombianas.

- Desarrollo del anteproyecto del puente mediante un equipo de trabajo con profesionales venezolanos calificados para la realización de los estudios de evaluación de alternativas y diseños requeridos para cumplir con el alcance establecido y lograr las aprobaciones binacionales requeridas.
- Elaboración de términos de referencia, estimados de costo y tiempo de ejecución para contratar y realizar la ingeniería de detalles, previa selección del esquema más adecuado y expedito para ejecución de esta fase.
- Contratación de construcción mediante Licitación privada, a empresas binacionales o nacionales de acuerdo con la selección del esquema de financiamiento aplicable.

### **2.1.1 Planteamiento del Proyecto**

Se propone una nueva infraestructura de vinculación concebida con visión de futuro, que permita atender por los próximos 75 años la demanda actual y futura de carga y pasajeros del sistema fronterizo y represente un sitio emblemático desde el aspecto de presencia y soberanía en la frontera, consistente en construir un Puente internacional en Tienditas con sus interconexiones con las vías expresas actuales y planificadas del Eje Vial Peracal - San Antonio de Táchira - Ureña del estado Táchira y con Anillo Vial Oriental con el área metropolitana de Cúcuta.

Con la construcción y operación del complejo fronterizo (puente, accesos y paso de frontera), se mejorarán los niveles de servicio para todos sus usuarios en los siguientes aspectos:

- *Aspecto económico:* se producirán ahorros de tiempos de viaje, mayor comodidad y reducción de los costos de operación, generando

incentivos para la instalación de entes productivos en la zona, los cuales utilizarán la fuerza hombre disponible a ambos lados de la frontera y las vías para transporte de materias primas y productos terminados, generando una mayor competitividad y la mejora del libre comercio entre ambos países.

- *Aspecto fiscal:* se dispondrá de sistemas integrados para regular y controlar las exportaciones e importaciones con la consiguiente mejora en tiempos de tránsito y la recaudación de impuestos y tasas.
- *Aspecto social:* se logrará re-direccionar el tránsito de carga que actualmente fluye por los puentes internacionales existentes hacia el Puente Internacional en Tienditas, descongestionando el tráfico vehicular de los centros urbanos de San Antonio y Ureña con beneficio del intercambio social, cultural, comercial y turístico de la zona y el consiguiente mejoramiento de las condiciones de vida de las poblaciones, actualmente afectadas por el tránsito pesado que tiene fuerte impacto en la seguridad de sus habitantes y efectos ambientales nocivos.

### **2.1.2 Estudio de la Sección Transversal**

El estudio de dimensionamiento de la sección transversal del puente Binacional Tienditas, fue realizado por PROEZA Consultores, quienes establecen los siguientes criterios para la definición de la misma:

- Balance de canales: realización de un análisis para lograr el equilibrio necesario del número de canales de las vías que alimentan el puente Tienditas y los canales del propio puente.
- Estimación del tráfico y comparación con volúmenes de servicio que ofrece la sección transversal propuesta de 4 ó 6 canales totales: Se estima el tráfico futuro y se comparan los volúmenes de servicio (capacidad vial) de dos alternativas, puente con sección vial de 4 o 6

canales totales. El análisis de la capacidad vial se basa en estimar los volúmenes de servicio (VS) que ofrecería el puente en ambas alternativas. Posteriormente se compara el VS con el tráfico futuro al final del periodo de análisis.

- Distribución de tráfico y tipificación de usuarios: Se consideran adicionalmente dos criterios complementarios, para definir la sección del puente, la distribución de tráfico y los requerimientos de transporte peatonal y el de bicicletas (ciclovía).
- De acuerdo a la AASHTO (2011)<sup>2</sup> debe considerarse que este puente tendrá una vida útil de 75 años.

Al realizar el análisis operacional y obtener el nivel de servicio requerido para el proyecto, se procede a realizar el diseño geométrico de la vialidad, manteniendo como referencia la geometría considerada en el análisis.

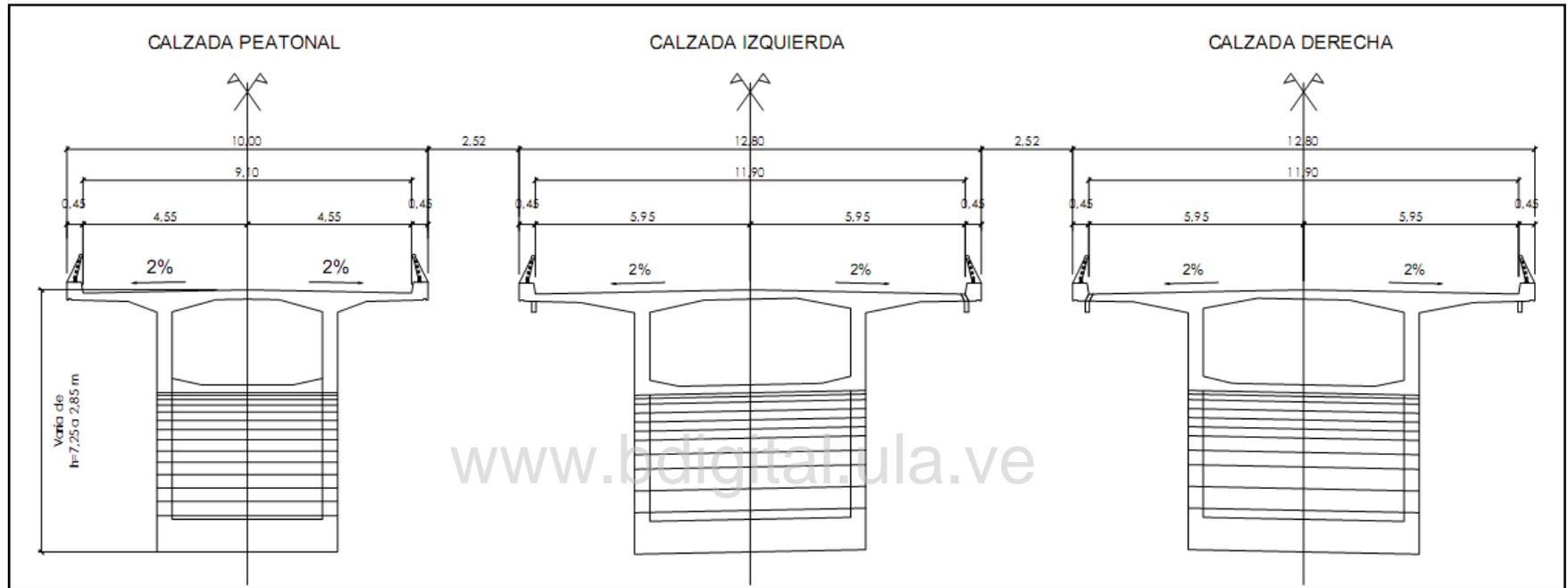
Para cumplir con lo descrito se realizaron las siguientes actividades:

- Recolección y análisis de la información documental disponible sobre vías y proyectos existentes, volúmenes de tránsito, niveles de servicio y usuarios tanto en Colombia como en Venezuela.
- Establecimiento de criterios para la justificación de la sección del puente, considerando el balance de canales, volúmenes de tráfico futuros, distribución de tráfico y requerimientos sobre el transporte peatonal y de bicicletas.
- Definición del periodo de diseño del puente, es decir su vida útil.
- Análisis del Nivel de Servicio a futuro del Puente Tienditas y sus accesos.

La sección transversal del puente y sus accesos debe estar asociada al servicio que el puente prestará al tráfico vehicular, al final del periodo previsto como vida útil, estimándose que este período debe ser de 75 años, de acuerdo a la norma AASHTO (2011)<sup>2</sup>. Esto quiere decir que la cantidad de canales de la sección transversal del puente, debe atender los volúmenes futuros de tráfico que circularán por el puente, asimismo, debe ser compatible con la red vial inmediata, y dejar provisiones para el transporte de peatones y bicicletas de uso frecuente en la zona.

A partir del estudio realizado para la definición de la sección transversal, se obtuvo la mostrada en la figura 2.1, dicha sección será detallada más adelante.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)



**Figura N° 2.1** Sección Transversal Puente Binacional Tienditas

## **2.2 Bases teóricas**

Seguidamente se presenta un breve resumen de las bases teóricas fundamentales en el proyecto de diseño geométrico de carreteras, las consideraciones de tránsito, así como también de los dispositivos del control del tráfico.

### **2.2.1 Localización de la vía**

Según Carciente (1980)<sup>3</sup> son distintas las variables que determinan la dirección general de una ruta, y en muchas ocasiones esta decisión no depende del ingeniero proyectista o de la comisión encargada del estudio y proyecto de la vía, ya que por ejemplo, consideraciones de orden político pueden imponer el paso de las vías por ciertas localidades que constituyen grandes controles de paso o *controles primarios*; dejando en segundo lugar la intervención del ingeniero en la parte técnica del proyecto. Para el ingeniero la ubicación de una carretera depende fundamentalmente de las condiciones topográficas, geológicas, tipo de suelos, drenajes, impacto ambiental, y es a lo que se le llaman los *controles secundarios*.

### **2.2.2 Velocidad de Proyecto**

Al momento de seleccionar la velocidad de proyecto para una carretera debe tomarse en consideración las condiciones económicas, el tipo de vía si es en zona rural o urbana, las condiciones futuras del tránsito y composición del mismo, condiciones topográficas y ambientales; así como también el nivel de servicio que se le quiera proporcionar a la nueva vía. Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (1985)<sup>1</sup>, generalmente se selecciona nivel de servicio B para el proyecto de carreteras rurales.

### **2.2.3 Sección Transversal**

La selección de la sección transversal se basa fundamentalmente en los datos del tránsito y condiciones topográficas; el ancho dispuesto para la calzada debe satisfacer las exigencias del volumen de diseño para el año de proyecto.

“Las características de la sección transversal y la clasificación vial que se adopte para un proyecto, deberán establecerse de acuerdo con las entidades de planificación que tengan injerencia sobre el tramo en consideración”. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 1985, pp. 185)<sup>1</sup>.

Según Carciente (1980)<sup>3</sup> la geometría de la sección transversal queda definida por la calzada, los hombrillos, la berma, las cunetas y los taludes laterales; en ocasiones se incluyen brocales, defensas, islas, entre otros.

#### **✓ Canales de tránsito**

Los canales de tránsito componen la calzada. El ancho y número de canales dependen principalmente de la demanda de tránsito y del nivel de servicio requerido, así como también de la velocidad de proyecto, seguridad, costos y de la tipología de la vía que se va a proyectar. (Andueza, 1999)<sup>4</sup>.

A lo largo de una vía el ancho de la calzada puede ser variable, por la presencia de uno o más canales de tránsito, esto depende de la ubicación de la sección en el alineamiento horizontal. (Carciente, 1980)<sup>3</sup>.

Según MTC (1985)<sup>1</sup> el canal normal de tránsito tiene un ancho de 3.60m que corresponden a 2.60 ancho máximo de un vehículo y más dos espacios de seguridad laterales de 0.50m.

La AASHTO (2011)<sup>2</sup> considera que el ancho del canal influye en el grado de confort del conductor, operatividad de la vía y en algunos casos en la probabilidad de accidentes; generalmente se usan anchos de entre 2.7m –

3.6m, siendo predominante los canales de 3.6m de ancho, ya que proporciona espacios deseables entre vehículos grandes que viajen en dirección opuesta. En áreas urbanas donde se da la presencia de peatones cruzando el canal, se pueden emplear anchos de 3.30m, y pudieran ser aceptables anchos de 3.0m si las velocidades son bajas.

### ✓ **Hombrillo**

Los hombrillos proporcionan espacio para el estacionamiento de vehículos accidentados, dan confianza al conductor al proveer un ancho adicional al área de rodamiento, mejora la visibilidad en las curvas, sirven de soporte lateral a la zona de circulación y protegen a la calzada contra la humedad y posible erosión; éstos son continuos a lo largo de la carretera y deben ser lo suficientemente anchos para acomodar un vehículo estacionado, sin producir interrupción vehicular (Carciente, 1980)<sup>3</sup>.

Según el MTC (1985)<sup>1</sup> los anchos usuales de hombrillos deben ser los indicados en la tabla 2.1, y considera que los hombrillos deben mantenerse a lo largo de toda la vía, especialmente en puentes y obras de arte.

**Tabla N° 2.1** Anchos usuales de Hombrillos

<b>Ubicación</b>	<b>Rango de Ancho (m)</b>	<b>Ancho para condiciones medias en topografía fácil (m)</b>
Hombrillo exterior	1.20 a 3.60	2.40
Hombrillo interior (para vías divididas)	0.60 a 1.50	1.20

FUENTE: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (1985). *Normas de Proyectos de Carreteras*. Caracas. Dirección General de Vialidad. Tabla 4-3.2, pp. 189.

De acuerdo a lo establecido por la AASHTO (2011)<sup>2</sup> el ancho mínimo de los hombrillo debe ser de 0.60m en carreteras de bajos volúmenes de tráfico, siendo preferible anchos de 1.80 – 2.40m. En autopistas de altas velocidades y alto porcentaje de vehículos pesados se deberán usar hombrillos entre 3.00 – 3.60m.

### ✓ **Faja de estabilización**

Se trata de una franja adicional al hombrillo que va a un lado del terraplén, ofreciendo estabilidad al pavimento y que permite la colocación de brocales, defensas o señales (Andueza, 1999)<sup>4</sup>.

### ✓ **Brocales**

Se usan para delinear los bordes de la plataforma, regular el drenaje, dificultar la salida de los vehículos del pavimento, controlar la erosión y para promover el desarrollo ordenado de las zonas adyacentes a la vía (MTC, 1985)<sup>1</sup>.

### ✓ **Taludes**

Para Andueza (1999)<sup>4</sup> los taludes se definen como:

El talud es la inclinación del paramento de los cortes o los terraplenes. También se llama talud a la superficie que en los cortes queda comprendida entre el chaflán de corte y la berma, y en los terraplenes entre el chaflán de relleno y la faja de estabilización. (pp. 224).

#### **2.2.4 Vehículo tipo**

Según MTC (1985)<sup>1</sup> se trata de un vehículo a partir del cual se establecen los lineamientos que regirán el diseño geométrico de la vía y sus componentes.

#### **2.2.5 Diseño Geométrico**

Es la determinación y ordenación de los elementos geométricos visibles de una carretera, tales como alineamientos, perfiles, distancias de visibilidad, anchos, pendientes, etc. (MTC, 1985)<sup>1</sup>.

El alineamiento horizontal debe ofrecer seguridad y permitir continuidad de operación a velocidad aproximadamente uniforme, debe tener coordinación con el perfil longitudinal, nivel de servicio, velocidad de proyecto, topografía y costos constructivos.

En el diseño geométrico es fundamental la selección de la velocidad de proyecto de manera adecuada, que corresponda a la velocidad de operación con la cual los vehículos recorrerán la vía, y que el trazado sea tal que los vehículos puedan mantener una velocidad uniforme dentro del rango de la velocidad de proyecto.

Para el alineamiento vertical, las rectas deben enlazarse por medio de curvas verticales (parábolas), en las cuales deben garantizarse la distancia mínima de visibilidad de frenado, velocidad, buena apariencia y drenaje satisfactorio. La longitud en ningún caso debe ser menor a 30m.

Se admiten pendientes suaves de hasta el 0.5% para garantizar el drenaje longitudinal de la carretera. El MTC (1985)<sup>1</sup> establece que se pueden aceptar tramos horizontales (pendiente=0%) siempre que la sección transversal no presente problemas de drenaje longitudinal.

Es importante considerar que para intersecciones a nivel con carreteras existentes, se deben tomar en cuenta los niveles existentes de las vías y viviendas laterales a la misma.

#### ✓ Peralte

Según el MTC (1985)<sup>1</sup> para cada radio de curvatura se corresponde un solo valor de peralte, tales como se muestran en la tabla 2.2. De utilizarse un valor distinto a los valores normales de peralte, debe justificarse debidamente.

**Tabla N°2.2** Valores normales de peralte y curvatura.

RADIO (m)	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180
PERALTE (%)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
VELOCIDAD MAXIMA (Km/h)	44	48	51	54	57	60	65	69	73	77
VELOCIDAD DE MANOS LIBRES (Km/h)	25	28	30	32	34	36	39	42	45	48

RADIO (m)	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
PERALTE (%)	10	9	8	7.5	7	6.5	6	5.5	5	5
VELOCIDAD MAXIMA (Km/h)	80	87	92	96	100	103	106	108	111	113
VELOCIDAD DE MANOS LIBRES (Km/h)	50	53	55	58	60	61	62	62	62	64
RADIO (m)	700	750	800	900	1000	1200	MAS DE 1200			
PERALTE (%)	10	10	10	10	10	10	BOMBEO			
VELOCIDAD MAXIMA (Km/h)	44	48	51	54	57	60	MAS DE 120			
VELOCIDAD DE MANOS LIBRES (Km/h)	25	28	30	32	34	36	-			

FUENTE: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (1985). *Normas de Proyectos de Carreteras*. Caracas. Dirección General de Vialidad. Tabla 3-2.2, pp. 128.

### ✓ Radios mínimos de curvatura

Según el MTC (1985)<sup>1</sup>, en función de las velocidades de proyecto y valores máximos de peralte, deberán cumplirse los valores mínimos para radios de curvatura, presentados en la tabla 2.3.

**Tabla N° 2.3** Radios mínimos de curvatura.

Velocidad de Proyecto (Km/h)	Radios mínimos de curvatura (m)
60	100
70	150
80	200
90	300
100	400
110	600
120	900

FUENTE: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (1985). *Normas de Proyectos de Carreteras*. Caracas. Dirección General de Vialidad. Tabla 3-2.3, pp. 131.

### **2.2.6 Diseño de Intersecciones**

El diseño de las intersecciones viales es considerado una de las etapas más complejas en un proyecto de vialidad integral, debido a la cantidad de movimientos vehiculares y concentraciones de tráfico, en un área generalmente reducida.

#### **✓ Intersección**

Según el MTC (1985)<sup>1</sup> es el área dentro de la cual dos o más vías se empalman o cruzan y que comprende las plataformas de la vía y la zona adyacente.

Para Barboza (1997)<sup>5</sup> una intersección vial se define de la siguiente manera:

Lugar donde confluyen un conjunto de movimientos vehiculares y peatonales, provenientes de dos o más vías que se intersecan, provocando puntos de conflictos que se jerarquizan de acuerdo a las características de estos movimientos. (pp. 5).

La tipología de las intersecciones es muy variada, dependiendo del número de ramas que confluyen, jerarquía de las vías que se cruzan, características de la zona, entre otros.

#### **✓ Intersecciones a nivel**

De acuerdo a lo expresado por el MTC (1985)<sup>1</sup> se trata de una intersección donde se empalman o cruzan a un mismo nivel dos o más vías.

Según Barboza (1997)<sup>5</sup> “las intersecciones se clasifican según el número de ramas viales que confluyen a ella, tales como: de tres ramas, de cuatro ramas, de ramas múltiples y redomas.”

### ✓ **Intersección canalizada**

“Intersección a nivel en la cual están indicadas con demarcaciones o islas, las trayectorias correspondientes a las distintas corrientes de tráfico”. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 1985, pp. 20)<sup>1</sup>.

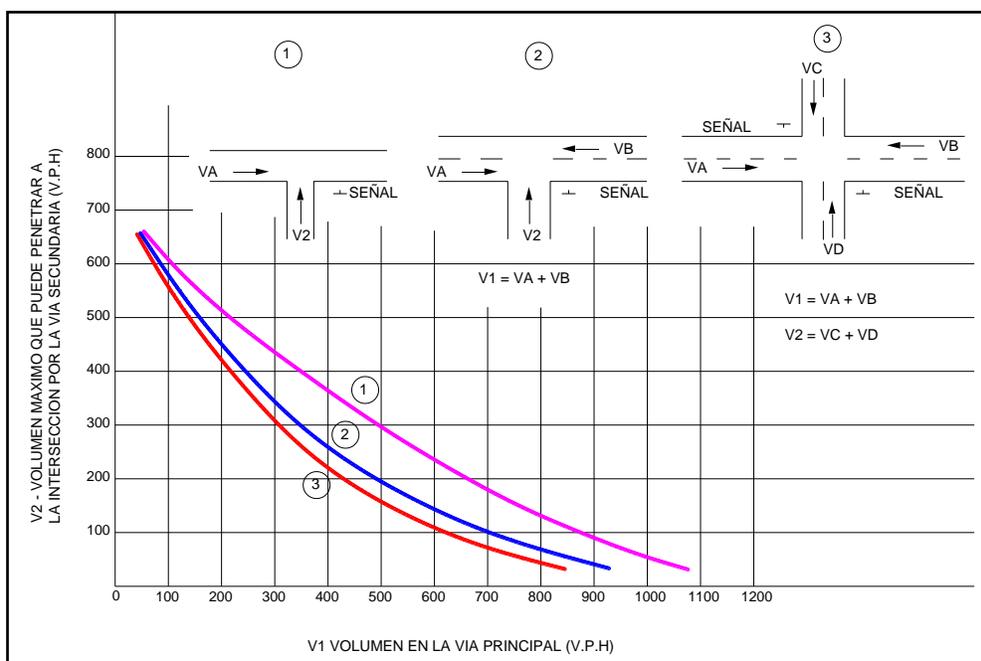
### ✓ **Intersecciones sin semáforo**

De acuerdo al MTC (1985)<sup>1</sup> este tipo de intersecciones se presenta cuando los volúmenes vehiculares son bajos, en donde el mayor volumen se da en la vía principal y ocasionalmente se producen interferencias de la vía secundaria.

Según Barboza (1997)<sup>5</sup> las intersecciones sin semáforo pueden presentarse de tres formas:

1. *Intersección sin control*: los volúmenes vehiculares son tan bajos al igual que las demoras, que no se requiere un análisis de capacidad, ya que los vehículos no tienen la necesidad de detenerse.
2. *Intersección con control de ceda el paso*: ocurre en el caso de carreteras de bajo flujo vehicular, y en el que una de las dos presenta altas velocidades. Se requiere conocer la distancia de visibilidad de frenado para las dos vías.
3. *Intersección con control de PARE*: consiste en la continuidad del flujo vehicular principal y PARE en la vía secundaria, dicha condición define un mejor control sobre el tránsito de la vía, lo que permite diseñar con mejores niveles de seguridad.

Con la finalidad de orientar en relación a la magnitud de los volúmenes de tránsito que puede absorber una intersección controlada por PARE se tiene la figura 2.2 (MTC, 1985)<sup>1</sup>.



FUENTE: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (1985). *Normas de Proyectos de Carreteras*. Caracas. Dirección General de Vialidad. Fig. 2-3.30, pp. 73.

**Figura Nº 2.2** Volúmenes en una intersección con señales de preferencia de paso o PARE.

✓ **Intersecciones controladas por semáforo**

Según el MTC (1985)<sup>1</sup> la incorporación de semáforos en intersecciones se da por razones de seguridad o por la intensidad del tránsito. La tabla 2.4 proporciona algunos criterios para considerar la necesidad de instalar semáforos en carreteras rurales.

**Tabla Nº 2.4** Combinación de volúmenes por encima de los cuales debe considerarse el uso de semáforos en carreteras rurales.

VIA PRINCIPAL (Volumen Horario Total en ambos sentidos – VHP)		VIA SECUNDARIA Volumen Horario en un solo sentido)
VIA DE 2 CANALES	VIA DE 4 CANALES	
350	450	100
500	650	50

FUENTE: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (1985). *Normas de Proyectos de Carreteras*. Caracas. Dirección General de Vialidad. Tabla 2-3.30, pp. 74.

Según Barboza (1997)<sup>5</sup> la incorporación de semáforos en la intersección se da para cuando los volúmenes de la vía secundaria son muy elevados, y la condición de PARE genera altas demoras para los movimientos secundarios, en donde la posibilidad de paso la define el semáforo.

✓ **Curvatura en esquinas de la intersección**

En las intersecciones se realizan maniobras de giro, siguiendo una trayectoria curva que corresponde a los diferentes vehículos de diseño; para conseguir esto se deben estudiar los radios y la forma de la curva, que pueden ser curvas simples, compuestas simétrica, compuestas asimétrica y circular con transición recta.

En la tabla 2.5 se indican valores de radios para diferentes velocidades en las maniobras de giro a la derecha, suponiendo un peralte de 2 a 4%.

Según el MTC (1985)<sup>1</sup> el radio mínimo será de 20m para velocidades muy bajas y en intersecciones con condición de pare. En el caso de flujo continuo se requiere un radio mínimo de 30m. En la tabla 2.6 se presentan valores para el radio mínimo en función de la velocidad; a partir de una velocidad de giro de 50km/h se debe proporcionar peralte.

**Tabla Nº 2.5** Radios mínimos en esquinas de intersección definidos por la velocidad de giro a la derecha.

VELOCIDAD	PERALTE DE LA CALZADA DE GIRO A LA DERECHA	
	2%	4%
15	7.50 m	---
20	14.00 m	---
25	22.00 m	20.00 m
30	32.00 m	28.00 m
35	45.00 m	40.00 m
40	60.00 m	55.00 m

FUENTE: Barboza, R. (1997). Diseño de Intersecciones a Nivel. Zulia, Venezuela. Universidad del Zulia. Tabla 4.1, pp. 99.

**Tabla N° 2.6** Radios normales en intersecciones

<b>Velocidad de giro (km/h)</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>
<b>Radio mínimo (m)</b>	20	30	45	65	100	150	200

FUENTE: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (1985). *Normas de Proyectos de Carreteras*. Caracas. Dirección General de Vialidad. Tabla 5-3.1, pp. 236.

✓ **Calzada de giro a la derecha**

Según Barboza (1997)<sup>5</sup> el canal de giro a la derecha debe diseñarse para que se realice a velocidades superiores a 15 km/h, si las dimensiones del vehículo de diseño son grandes, seleccionando radios que generan áreas de conflicto que deben ser canalizadas. La canalización genera calzadas individuales en forma de curva para los giros a la derecha. En el diseño de la calzada de giro, se debe definir el ancho del canal, y establecer radios de curvatura que garanticen que el vehículo de diseño puede girar dentro de la calzada. La calzada está compuesta por el ancho de canal, hombrillo interno y hombrillo externo.

✓ **Isletas direccionales en esquinas**

En relación a la isletas direccionales es esquinas Barboza (1997)<sup>5</sup> describe,

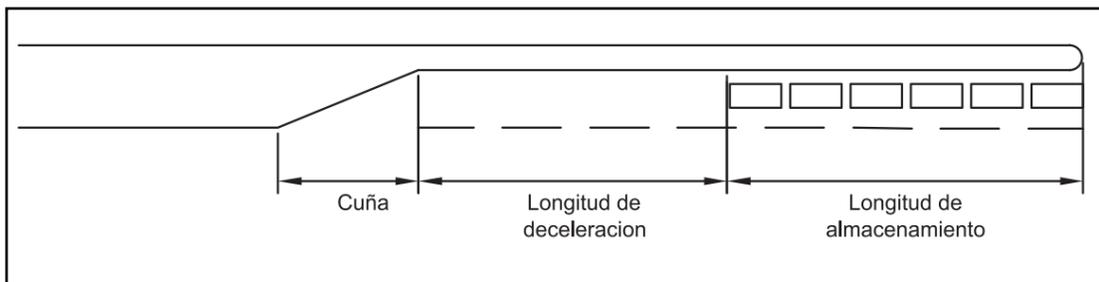
Son utilizadas para la canalización de los movimientos de giro, que facilitan la ejecución de los giros a la derecha y definen el ancho y forma de las calzadas. Su forma es generalmente similar a la de un triángulo, aunque esto puede variar dependiendo de los radios y tipo de curvatura. (pp.119)

✓ **Canales de giro a la izquierda**

Los canales de giro a la izquierda se generan de la necesidad de proporcionar mayor seguridad a los conductores, tanto a los que van a realizar la maniobra de giro a la izquierda como a los conductores que siguen

recto en ambos sentidos, disminuyendo el número de accidentes, mejorando de esta manera la calidad del servicio en la intersección.

“La adición de estos canales permite que los vehículos que giran despejen el canal de tráfico directo con un diferencial de velocidad aceptable, y además proporcionan almacenamiento a dichos vehículos...” (Andueza, 2013, pp. 279)<sup>6</sup>.



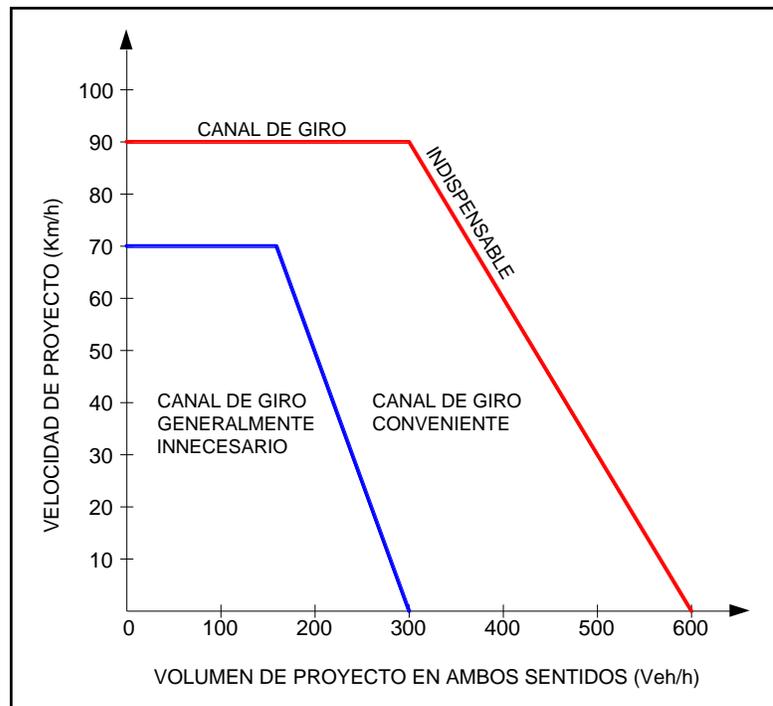
**Figura Nº 2.3** Elementos que definen la longitud de un canal de giro a la izquierda.

FUENTE: Andueza, P. (2013). Diseño Funcional de Intersecciones a Nivel. Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes. Publicaciones Vicerrectorado Académico, Figura 6-10, p. 284.

Como se muestra en la figura 2.3, la longitud de los canales de giro a la izquierda contiene tres elementos:

- Cuña
- Longitud de deceleración
- Longitud de almacenamiento

Según el MTC (1985)<sup>1</sup> los canales adicionales de giro a la izquierda en carreteras de dos canales dependen directamente de la velocidad y los volúmenes de tránsito (Figura 2.4), éstos deben introducirse de forma gradual por medio de una transición del borde del canal de circulación, la cual puede estar compuesta por una curva seguida de una contracurva, o curva y contracurva enlazada por un tramo recto, con la ecuación 2.1 puede determinarse la longitud del ensanche.



**Figura Nº 2.4** Criterios para la proporción de canales adicionales de giro a la izquierda.

FUENTE: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (1985). Normas de Proyectos de Carreteras. Caracas. Dirección General de Vialidad. Figura 5-3.1, pp. 239.

La longitud total del canal adicional de giro a la izquierda, está compuesta por la longitud de transición y la longitud de almacenamiento. Por medio de las ecuaciones 2.2 y 2.3 pueden determinarse dichas longitudes. El ancho de los canales adicionales recomienda sea de 3.60m. En la figura 2.5 se representan los elementos del canal de almacenamiento para giros a la izquierda.

$$L_1 = 1.5 * V \quad ; \text{Mínimo } 100\text{m.} \quad (2.1)$$

$$L_2 = 0.3 * V \quad ; \text{Mínimo } 15\text{m.} \quad (2.2)$$

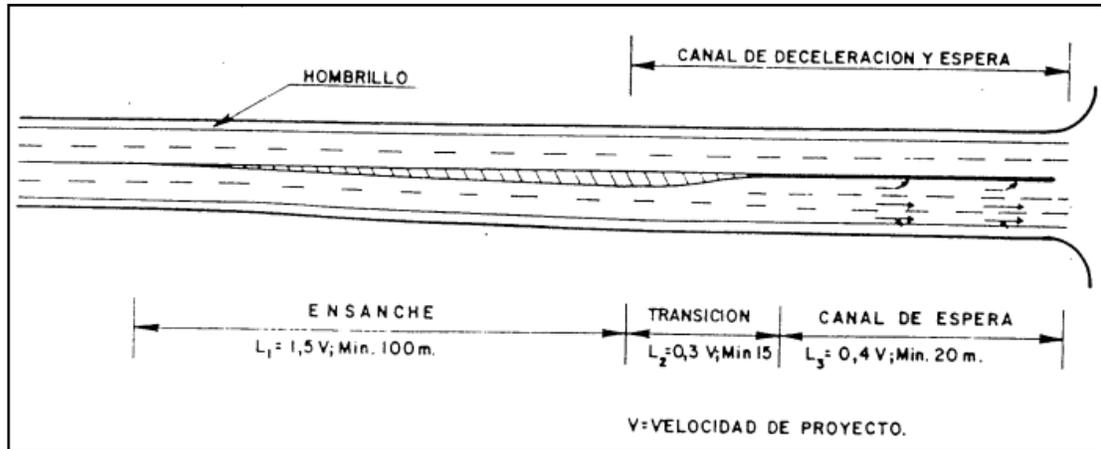
$$L_3 = 0.4 * V \quad ; \text{Mínimo } 20\text{m.} \quad (2.3)$$

Donde

$L_1$  = Longitud del ensanche (m).

$L_2$ = Longitud de Transición (m).

$L_3$ = Longitud de almacenamiento (m).



**Figura N° 2.5** Elementos de un canal de almacenamiento.

FUENTE: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (1985). Normas de Proyectos de Carreteras. Caracas. Dirección General de Vialidad. Figura 5-3.4, pp. 242.

### ✓ **Canales de incorporación en maniobras de giro**

Según Barboza (1997)<sup>5</sup> los canales de incorporación son necesarios en aquellas intersecciones no semaforizadas con velocidades superiores a 60km/h, tanto para giros a la izquierda como a la derecha. Para este tipo de intersecciones se considera que tienen un alto grado de canalización, y las especificaciones de diseño son similares al canal de giro a la izquierda.

### ✓ **Separación de puntos de conflicto**

Según MTC (1985)<sup>1</sup> la canalización separa y define claramente los puntos de conflicto, facilitando los movimientos permitidos, logrando evitar confusiones en los conductores y cumpliendo con los principios de seguridad.

### **2.2.7 Volumen de Tránsito (V)**

En relación al volumen de tránsito, Radelat (2003)<sup>7</sup> describe:

Es el número de vehículos o peatones que pasa por una sección transversal de una vía, calzada o carril por unidad de tiempo, durante un período de tiempo determinado. La unidad de tiempo puede ser una hora, un día, una semana, un mes o un año, y así tenemos volúmenes horarios, diarios, semanales, mensuales y anuales. (pp. 67).

### **2.2.8 Demanda**

Según Cal y Mayor y Cárdenas (2007)<sup>8</sup> la demanda “es el número de vehículos o personas que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico.” (pp. 169).

### **2.2.9 Capacidad (C)**

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC (1985)<sup>1</sup>, se define como:

“Es el máximo número de vehículos que puede pasar por una sección o canal de una vía, en un período de tiempo determinado, bajo las condiciones reinantes de diseño y de tránsito. Se expresa en vehículos por hora (vph).” (pp. 31).

### **2.2.10 Rata horaria de flujo (v)**

“Es el volumen de tráfico en un período cualquiera, expresado como volumen horario.” (Andueza, 1999, pp. 17)<sup>4</sup>.

De acuerdo a lo expresado por el MTC (1985)<sup>1</sup>, se define de esta manera:

Es la rata horaria máxima a la cual puede esperarse que los vehículos atraviesen un punto, o tramo de una vía, durante un período dado, bajo las condiciones imperantes. Generalmente se determina para períodos de 15 minutos, y se expresa en vehículos por hora. (pp. 32).

### **2.2.11 Volumen Horario de Proyecto (Vhp)**

Sobre el volumen horario Radelat (2003)<sup>7</sup> expresa lo siguiente:

...resulta de dividir el número de vehículos que pasan por una sección transversal vial, en un período de tiempo en horas. Los volúmenes horarios son los que se utilizan para diseñar los detalles geométricos de las vías, efectuar análisis de circulación y regular el tránsito. (pp. 68).

### **2.2.12 Factor de Distribución Direccional (D)**

Según Andueza (1999)<sup>4</sup> se refiere “al porcentaje de tráfico en la dirección de mayor flujo.” (pp. 28).

Según Radelat (2003)<sup>7</sup> refiere que para vías rurales el valor D está comprendido entre 0.55 – 0.80.

### **2.2.13 Volumen de la hora Pico (VHP)**

Según Garber y Hoel (2005)<sup>9</sup> “es el número máximo de vehículos que pasan por un punto en una carretera durante un período de 60 minutos consecutivos.” (pp. 94).

### **2.2.14 Factor hora pico (FHP)**

“Es una medida de la variación del flujo vehicular durante la hora pico. Se expresa mediante la relación entre el volumen de la hora pico y la máxima rata de flujo durante un movimiento período dentro de esa hora.” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 1985, pp. 32)<sup>1</sup>

El FHP se determina a través de la ecuación 2.4.

$$FHP = \frac{VHP}{vp} \quad (2.4)$$

Donde

$vp$  = rata horaria de flujo durante los 15 minutos pico, también llamada rata horaria de flujo pico.

VHP= Volumen de la hora pico.

### **2.2.15 Factor de la hora 30 (K)**

Según Andueza (1999)<sup>4</sup> es el porcentaje de PDT correspondiente a la hora 30, y representa un valor adecuado para determinar el volumen horario de proyecto. En vías urbanas se puede estimar a partir de los conteos de tráfico de un día laborable, tomando como valor de K el porcentaje correspondiente a la hora pico.

### **2.2.16 Densidad**

“Es el número de vehículos que se encuentra en un tramo de longitud unitaria de una vía o un canal en un momento determinado.” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 1985, pp. 32)<sup>1</sup>

### **2.2.17 Estimación del tráfico futuro**

Según Andueza (1999)<sup>4</sup> la estimación del tráfico se puede hacer mediante el estudio de sus componentes y el análisis de las tendencias de crecimiento del mismo; también existen modelos matemáticos.

El tráfico que circulará por una vía consta de:

- Tráfico actual
- Incremento del tráfico

#### **✓ Tráfico actual**

Según Cal y Mayor y Cárdenas (2007)<sup>8</sup> para una vía nueva o mejorada se trata del volumen vehicular que circulará cuando esté en servicio; en el caso de la mejora de una vía existente el tráfico actual se compone por: el tráfico existente + tráfico atraído. Si es una vía nueva se trata solo de tráfico atraído. El *tráfico existente* se determina mediante mediciones vehiculares, encuestas

origen-destino o empleando parámetros socioeconómicos. Para el *tráfico atraído* se debe conocer ampliamente las condiciones locales, además de las capacidades y volúmenes de las vías existentes.

✓ **Incremento del tráfico**

“Es el volumen de tránsito que se espera use la nueva carretera en el año futuro seleccionado como de proyecto.” (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007, pp. 204)<sup>8</sup>.

Está compuesto por:

- Crecimiento normal del tráfico
- Tráfico inducido
- Tráfico de desarrollo

Según Andueza (1999)<sup>4</sup> el crecimiento normal del tráfico se da independientemente se construya una nueva vía o no. Para estimarlo plantea la ecuación 2.5:

$$V_N = V_0(1 + r)^n - V_0 \quad (2.5)$$

Donde

$V_N$ = crecimiento normal del tráfico.

$V_0$ = tráfico actual.

$r$ = rata de crecimiento.

$n$ = año para el cual se requiere estimar el tráfico futuro.

El tráfico inducido “consiste en viajes que no habrían sido hechos si no se construye o mejora la vía y los cuales se producen por el atractivo que ella ejerce en cuanto a tiempo, costo de viaje, seguridad, comodidad, en comparación a la situación existente.” (Andueza, P., 1999, pp. 32)<sup>4</sup>

El tráfico inducido se puede expresar mediante la ecuación 2.6:

$$V_I = (V_0 + V_N) * \alpha \quad (2.6)$$

Donde

$V_I$  = tráfico inducido.

$\alpha$  = porcentaje estimado de acuerdo a las condiciones relativas de la nueva vía.

Según Cal y Mayor y Cárdenas (2007)<sup>8</sup> al tráfico inducido se le asignan tasas de incremento entre el 5% y 25% del tráfico actual, con un período de crecimiento de uno a dos años luego de puesta en servicio.

El tráfico de desarrollo “es el que se genera por los desarrollos que ocurren en la tierra adyacente y en la zona de influencia de la vía. Este tráfico no ocurrirá si la vía no se construye o mejora.” (Andueza, P., 1999, pp. 33)<sup>4</sup>

Según Cal y Mayor y Cárdenas (2007)<sup>8</sup> para carreteras importantes el suelo lateral tiende a desarrollarse más rápido de lo normal, por lo que considera un tránsito adicional por el orden del 5% del tráfico actual, que es el tráfico de desarrollo.

El profesor Andueza, P., en función de su experiencia en diversos estudios de carreteras en el país, recomienda el uso de una tasa de crecimiento entre el 3% - 6%, cuando se dificulta la realización de estudios profundos del tráfico existente y del tráfico atraído. El valor recomendado del 6% ya incluiría el tráfico inducido y el tráfico de desarrollo.

### **2.2.18 Asignación del tráfico**

Según Girardotti (2003)<sup>10</sup> la asignación del tráfico consiste en determinar el itinerario que seguirán los usuarios entre los recorridos alternativos posibles que se les ofrece en una determinada vía, el cual está influenciado por

factores como la longitud, costo, tiempo de viaje, calidad de la vía, peaje, entre otros.

### ✓ Método Logit

Según Matas y otros (2009)<sup>11</sup>, se trata de un modelo de elección discreta o modelo desagregado, que se basa en datos micros con un uso eficiente de la información, y que explica bien el comportamiento de los usuarios en el ámbito de la demanda de transporte.

Logit es un modelo de regresión no lineal, diseñado para variables dependientes binarias y multinomiales; utiliza una distribución logística, dando lugar a probabilidades entre 0 y 1, y presenta un crecimiento no lineal, con mayores incrementos en la parte central.

Según Girardotti (2003)<sup>10</sup> modelo Logit se puede expresar por la siguiente ecuación 2.7:

$$P_i = \frac{e^{-\theta C_i}}{\sum_{j=1}^n e^{-\theta C_j}} \quad (2.7)$$

Donde

$P_i$  = probabilidad de que los usuarios seleccionen el itinerario i.

$\theta$  = parámetro del modelo.

$C$  = variable explicativa.

El modelo Logit aumenta la proporción de viajes asignados, a la ruta de menor resistencia al aumentar el parámetro; éste puede ser binario, cuando las alternativas son dos y multinomial cuando son más de dos alternativas. La calibración de un modelo binario se realiza por medio de parámetro  $\theta$ .

“Los modelos de selección se utilizan dentro del proceso de planificación del transporte urbano, pero también se emplean en los estudios de mercado para transporte público y en la estimación directa de la demanda de viajes” (Garber y Hoel, 2005, pp. 566)<sup>9</sup>.

En base a la experiencia en investigación y de campo del profesor Andueza, P., el método Logit se puede utilizar para estimar cómo se reparte el tráfico entre dos rutas (A y B), y se expresa mediante las ecuaciones 2.8 y 2.9:

$$P_A = \frac{e^{\theta t_A}}{e^{\theta t_A} + e^{\theta t_B}} \quad (2.8)$$

$$P_B = 1 - P_A \quad (2.9)$$

Donde

$P_A$  = proporción de viajes que seleccionan la ruta A.

$P_B$  = proporción de viajes que seleccionan la ruta B.

$t_A$  = tiempo de viaje a lo largo de la ruta A.

$t_B$  = tiempo de viaje a lo largo de la ruta B.

$\theta$  = parámetro de calibración.

El profesor Andueza, P., ha encontrado en base a estudios un valor apropiado de  $\theta = -0.08$  en las carreteras venezolanas.

### **2.2.19 Capacidad en Intersecciones controladas por pare HCM 2010<sup>12</sup>**

#### **✓ Consideraciones generales**

Configuraciones típicas de intersecciones controladas por pare, sería una intersección de cuatro accesos, en donde la vía principal tiene paso continuo mientras que la secundaria está regulada por una señal de pare (o ceda el paso); de igual modo ocurre en intersecciones en "T".

Los conductores que giran a la izquierda deberán ceder el paso al tráfico del sentido contrario que pase por la vía principal (vía prioritaria), pero en ausencia del tráfico opuesto no requiere realizar el pare, los conductores que realizan el pare deben esperar una brecha adecuada para poder cruzar el canal opuesto. Del mismo modo los vehículos que se encuentren en la vía no prioritaria deben ceder el paso, hasta tener oportunidad de incorporarse a la vía prioritaria, ya sea en cualquiera de los tres movimientos posibles, recto, giro a la izquierda o giro a la derecha.

El modelo básico de capacidad asume que las brechas de los movimientos en conflicto están distribuidas de forma aleatoria, pero en el caso en que haya una intersección semaforizada en un radio de 400m, el comportamiento del flujo vehicular ya no es aleatorio sino en estructura de pelotones.

#### **✓ Nivel de Servicio**

El nivel de servicio en intersecciones no semaforizadas controladas por pare en carreteras de dos canales, es determinado por el cálculo o medida de la demora, obteniendo el NS para cada movimiento. La metodología permite calcular la capacidad de cada movimiento, y así obtener la demora de cada uno. El nivel de servicio no está definido para la intersección como un todo debido a que la metodología asume que la vía prioritaria no presenta demoras, además el volumen de la vía prioritaria es desproporcionado en relación a los movimientos no prioritarios lo que resultaría en una demora

muy baja, lo cual sería un error ya que daría como resultado un nivel de servicio deficiente para los movimientos no prioritarios. Para determinar el Nivel de Servicio de cada movimiento en la intersección se hace uso de la tabla 2.7.

**Tabla N° 2.7** Criterio para determinar Nivel de Servicio (NS).

CONTROL DE DEMORA (s/veh)	NIVEL DE SERVICIO RELACION VOLUMEN/CAPACIDAD	
	$v/c \leq 1.0$	$v/c \geq 1.0$
0 – 10	A	F
>10 – 15	B	F
>15 – 25	C	F
>25 – 35	D	F
>35 – 50	E	F
>50	F	F

Fuente: Highway Capacity Manual (2010). Transportation Research Board. Tabla 19-1, pp.19-2.

✓ **Datos de entrada y Valores por Defecto**

Para el análisis de intersecciones controladas por pare se requiere de los siguientes datos:

- Número y configuración de los canales en cada acceso.
- Porcentaje de vehículos pesados para cada movimiento.
- Cualquiera de los siguientes criterios:
  - Rata horaria para cada movimiento de vehículos y peatones, durante un período pico de 15 minutos.
  - Rata horaria para cada movimiento de vehículos y peatones, durante la hora pico y el factor hora pico.
- Elementos geométricos especiales tales como:
  - Aspectos de canalización individual.
  - Existencia de canales de giro a la izquierda en dos sentidos (two-way left turn lane).

- Pendiente de los accesos.
- Existencia de intersecciones semaforizadas.
- Tiempo del análisis, generalmente se usan períodos de 15 minutos.

#### ✓ **Metodología**

La metodología presentada permite determinar la capacidad por cada movimiento en la intersección, lo cual permite estimar la demora por movimiento, por acceso y de la intersección como un todo. La longitud de la cola también puede estimarse con la capacidad de cada movimiento.

Esta metodología tiene en cuenta la prioridad de los movimientos, de modo que los vehículos que llegan a la intersección por el acceso no prioritario, deberán esperar a que no haya ningún vehículo en la carretera prioritaria, un tiempo al que se le llama intervalo crítico. Por tanto, la capacidad de los movimientos no prioritarios dependerá de cuanto mayor sean los intervalos superiores al crítico en la vía prioritaria, en función del volumen y el intervalo crítico.

La metodología toma en consideración circunstancias que pueden existir en la intersección controlada por pare en carreteras de dos canales, incluyendo lo siguiente:

- Un grado de brecha aceptable.
- Aproximación con canal compartido.
- Presencia de intersección semaforizada corriente arriba.

#### ✓ **Alcance**

La metodología descrita seguidamente está enfocada para intersecciones no semaforizadas controladas por pare o ceda el paso.

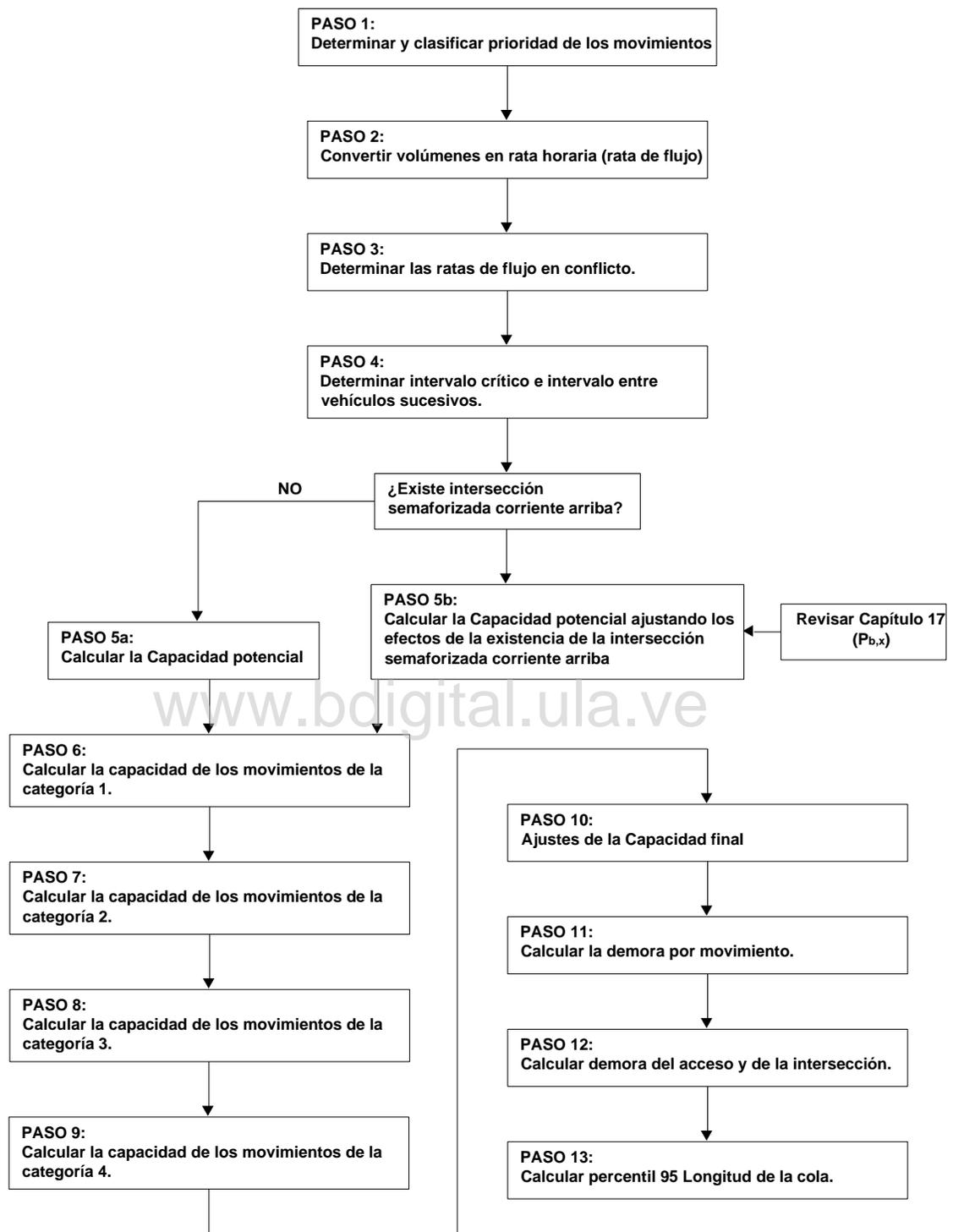
### ✓ **Limitaciones**

La metodología que se describirá a continuación es válida para intersecciones de hasta cuatro accesos (en forma de cruz) y con un máximo de tres canales por acceso. La metodología no presenta un método detallado para la estimación de la demora en intersecciones controladas por pare, sin embargo empleando apropiadamente parámetros como el intervalo crítico y el intervalo entre vehículos consecutivos, se puede aplicar la metodología.

### ✓ **Prioridad relativa de los distintos movimientos en la intersección**

Los movimientos pueden ser categorizados de la siguiente manera:

- Categoría 1: incluye el tráfico que sigue recto y el que gira a la derecha desde la vía prioritaria, y los peatones que atraviesan la vía no prioritaria.
- Categoría 2 (subordinada por la Categoría 1): incluye el giro a la izquierda y giro en U desde la vía prioritaria, el giro a la derecha hacia la vía prioritaria y los peatones que cruzan la vía prioritaria.
- Categoría 3 (subordinada por las Categoría 1 y 2): incluye el tráfico que sigue recto desde la vía no prioritaria (en caso de intersecciones en cruz), y el tráfico que gira a la izquierda desde la vía no prioritaria (en caso de intersección en "T").
- Categoría 4 (subordinada por las Categorías 1, 2 y 3): incluye el giro a la izquierda desde la vía no prioritaria (esta categoría aplica solo cuando se trata de una intersección en cruz).

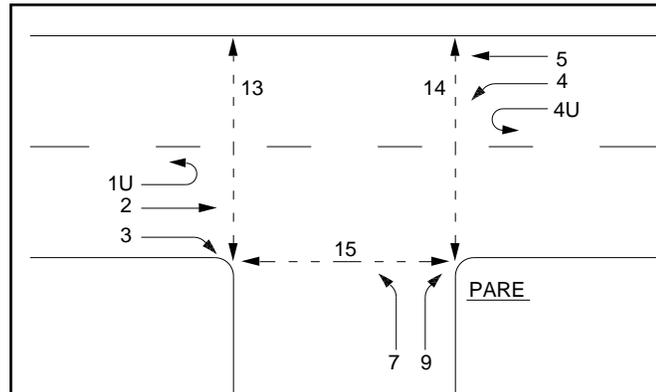


**Figura Nº 2.6** Metodología del HCM 2010 para intersecciones controladas por pare.

Fuente HCM 2010. Figura 19-4, pp. 19-8.

## ✓ Descripción de la Metodología

En la figura 2.7 se presenta un esquema de la intersección en “T” con todos los posibles movimientos y la numeración que asume la metodología.



**Figura Nº 2.7** Esquema de movimientos en intersección en “T”.

Fuente HCM 2010. Figura 19-3, pp. 19-6.

### **Paso 1:** Determinar y clasificar prioridad de los movimientos

La prioridad de cada movimiento debe ser designada apropiadamente en la categoría que corresponda para el posterior análisis. Los movimientos deben ser considerados en el siguiente orden:

- Giro a la izquierda desde la vía prioritaria, se denota con el número 4.
- Giro a la derecha desde la vía no prioritaria, se denota con el número 9.
- Giro en “U” desde la vía prioritaria, se denota con el número 1U y 4U.
- Movimientos rectos desde la vía no prioritaria, se denotan con los números 2 y 5.
- Giro a la izquierda desde la vía no prioritaria, se denota el número 7.
- Los movimientos 13 y 14 corresponden a los peatones que cruzan la vía prioritaria.
- El movimiento 15 corresponde a los peatones que cruzan la vía no prioritaria.

**Paso 2:** Convertir volúmenes en rata horaria.

Una vez realizadas las mediciones de campo se determina el volumen del período pico de 15min, el cual se convierte a rata horaria multiplicando por 4. Si no se tiene disponible el volumen pico del período de 15 minutos, sino se dispone del volumen horario, entonces se aplica la ecuación 2.10 para determinar la rata horaria o rata de flujo.

$$v_i = \frac{V_i}{FHP} \quad \text{Ecuación (2.10)}$$

Donde

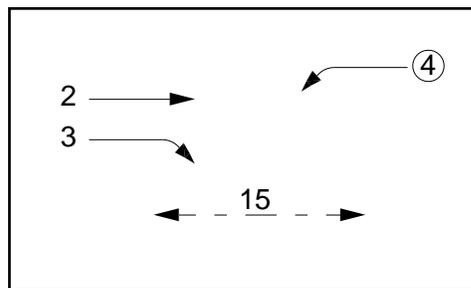
$v_i$  = rata horaria por movimiento  $i$  (veh/h)

$V_i$  = Volumen por movimiento  $i$  (veh/h)

FHP = Factor hora pico.

**Paso 3:** Determinar las ratas de flujo en conflicto

(A) Giro a la izquierda desde vía prioritaria: el movimiento de giro a la izquierda está en conflicto con el tráfico que sigue recto y que gira a la derecha desde la vía prioritaria, en la fig. 2.8 se denota con el número 4 el giro a la izquierda.



**Figura N° 2.8** Definición de movimiento en conflicto con el giro a la izquierda desde vía prioritaria

Fuente HCM 2010. Figura 19-5, pp. 19-10.

Con la ecuación 2.11 se puede determinar la rata horaria del flujo en conflicto con el giro a la izquierda.

$$v_{c,4} = v_2 + v_3 + v_{15} \quad \text{Ecuación (2.11)}$$

Donde

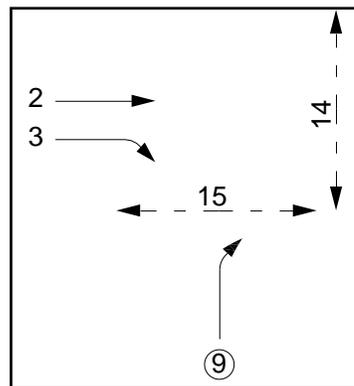
$v_{c,4}$  = rata de flujo en conflicto con el movimiento 4 (veh/h).

$v_2$  = rata de flujo del movimiento 2 (veh/h).

$v_3$  = rata de flujo del movimiento 3 (veh/h).

$v_{15}$  = rata de flujo del movimiento 15.

(B) *Giro a la derecha desde la vía no prioritaria*: el movimiento de giro a la derecha está en conflicto con el tráfico que sigue recto y que gira a la derecha desde la vía prioritaria, en la fig. 2.9 se denota con el número 9 el giro a la derecha.



**Figura N° 2.9** Definición de movimiento en conflicto con el giro a la derecha desde vía no prioritaria

Fuente HCM 2010. Figura 19-6, pp. 19-10.

Con la ecuación 2.12 se puede determinar la rata horaria del flujo en conflicto con el giro a la derecha.

$$v_{c,9} = v_2 + 0.5v_3 + v_{14} + v_{15}$$

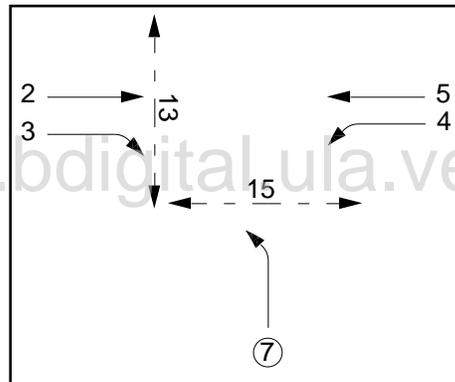
**Ecuación (2.12)**

Donde

$v_{c,9}$ = rata de flujo en conflicto con el movimiento 9 (veh/h).

$v_{14}$ = rata de flujo del movimiento 14 (veh/h).

(C) *Giro a la izquierda desde la vía no prioritaria*: el movimiento de giro a la izquierda está en conflicto con el tráfico que sigue recto en ambos sentidos, con el que gira a la derecha y a la izquierda desde la vía prioritaria, en la figura 2.10 se denota con el número 7 el giro a la izquierda.



**Figura Nº 2.10** Definición de movimiento en conflicto con el giro a la izquierda desde vía no prioritaria

Fuente HCM 2010. Figura 19-9, pp. 19-13.

Con la ecuación 2.13 se puede determinar la rata horaria del flujo en conflicto con el giro a la izquierda.

$$v_{c,7} = v_2 + 0.5v_3 + v_{15} + 2v_4 + v_5 + v_{13}$$

**Ecuación (2.13)**

Donde

$v_{c,7}$ = rata de flujo en conflicto con el movimiento 7 (veh/h).

$v_4$ = rata de flujo del movimiento 4 (veh/h).

$v_5$ = rata de flujo del movimiento 5 (veh/h).

**Paso 4:** *Determinar Intervalo crítico e Intervalo entre vehículos sucesivos*

El intervalo crítico de cada movimiento es determinado usando la ecuación 2.14, en donde se emplea la Tabla 2.8 y se realizan ajustes por pendiente y porcentaje de vehículos pesados.

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} * P_{HV} + t_{c,G} * G - t_{3,LT} \quad \text{Ecuación (2.14)}$$

Donde

$t_{c,x}$ = intervalo crítico para el movimiento  $x$  (s).

$t_{c,base}$ = intervalo crítico base tomado de la tabla 2.8 (s).

$t_{c,HV}$ = factor de ajuste por vehículos pesados (1.0 para vías prioritarias con un canal por sentido; 2.0 para vías prioritarias con dos o tres canales por sentido) (s).

$P_{HV}$ = proporción de vehículos pesados por movimiento (expresado en forma decimal).

$t_{c,G}$ = factor de ajuste por pendiente (0.1 para movimientos 9 y 12; 0.2 para movimientos 7, 8, 10, 11) (s)

$G$ = pendiente en porcentaje.

$t_{3,LT}$ = factor de ajuste por geometría de la intersección (0.7 para movimientos de giro a la izquierda desde vías no prioritarias en intersecciones en T; si es caso contrario se toma 0.00).

**Tabla Nº 2.8** Intervalo crítico base para Intersecciones controladas por Pare.

Movimiento Vehículo	Intervalo crítico base $t_{c,x}$ (s)		
	Dos canales	Cuatro canales	Seis canales
Giro a la izquierda desde vía prioritaria	4.1	4.1	5.3
Giro en U desde vía prioritaria	N/A	6.4 (canal ancho) 6.9 (reducido)	5.6
Giro a la derecha desde la vía no prioritaria	6.2	6.9	7.1
Recto desde la vía no prioritaria*	Mov.1: 6.5 Mov.2, Etapa I: 5.5 Mov.2, Etapa II: 5.5	Mov.1: 6.5 Mov.2, Etapa I: 5.5 Mov.2, Etapa II: 5.5	Mov.1: 6.5 Mov.2, Etapa I: 5.5 Mov.2, Etapa II: 5.5
Giro a la izquierda desde vía no prioritaria**	Mov.1: 7.1 Mov.2, Etapa I: 6.1 Mov.2, Etapa II: 6.1	Mov.1: 7.5 Mov.2, Etapa I: 6.5 Mov.2, Etapa II: 6.5	Mov.1: 6.4 Mov.2, Etapa I: 7.3 Mov.2, Etapa II: 6.7

Fuente HCM 2010. Tabla 19-10, pp. 19-15.

\*referido a Figura 19-8, pp.19-12; \*\* referido a Figura 19-9, pp. 19-13.

De forma similar se calcula el intervalo entre vehículos sucesivos, como lo muestra la ecuación 2.15.

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} * P_{HV} \quad \text{Ecuación (2.15)}$$

Donde

$t_{f,x}$ = intervalo entre vehículos sucesivos para el movimiento x (s).

$t_{f,base}$ = intervalo base entre vehículos sucesivos de la tabla 2.9 (s).

$t_{f,HV}$  = factor de ajuste por vehículos pesados (0.9 para vías prioritarias con un canal por sentido; 1.0 para vías prioritarias con dos o tres canales por sentido) (s).

**Tabla Nº 2.9** Intervalo entre vehículos sucesivos base para Intersecciones controladas por Pare.

Movimiento Vehículo	Intervalo crítico base $t_{f,x}$ (s)		
	Dos canales	Cuatro canales	Seis canales
Giro a la izquierda desde vía prioritaria	2.2	2.2	3.1
Giro en U desde vía prioritaria	N/A	2.5 (canal ancho) 3.1 (reducido)	2.3
Giro a la derecha desde la vía no prioritaria	3.3	3.3	3.9
Recto desde la vía no prioritaria	4.0	4.0	4.0
Giro a la izquierda desde vía no prioritaria	3.5	3.5	3.8

Fuente HCM 2010. Tabla 19-11, pp. 19-16.

Para valores altos de intervalo crítico e intervalo entre vehículos sucesivos, la capacidad de los movimientos no prioritarios disminuye.

**Paso 5: Cálculo de Capacidad Potencial**

Se desarrollará el punto para el caso cuando no existen intersecciones semaforizadas corriente arriba, dado que es el caso que se estudiará más adelante.

*Capacidad potencial cuando no existen intersecciones semaforizadas corriente arriba.*

La capacidad potencial es determinada por la ecuación 2.16.

$$C_{p,x} = v_{c,x} * \frac{e^{-v_{c,x} * t_{c,x} / 3600}}{1 - e^{-v_{c,x} * t_{f,x} / 3600}} \quad \text{Ecuación (2.16)}$$

Donde

$C_{p,x}$  = potencial capacidad del movimiento x (veh/h).

$v_{c,x}$  = rata horaria de los movimientos a los que debe ceder el paso el movimiento x (veh/h).

$t_{c,x}$  = intervalo crítico del movimiento no prioritario (s).

$t_{f,x}$  = intervalo entre vehículos sucesivos del movimiento no prioritario (s).

**Paso 6:** *Capacidad de los movimientos de la categoría 1*

Para los movimientos que corresponden a la categoría 1, la presente metodología asume que es un flujo ininterrumpido por otros movimientos de otras categorías de menor prioridad, por tanto no se espera que ocurran demoras.

**Paso 7:** *Capacidad de los movimientos de la categoría 2*

Seguidamente se desarrollará el caso de giro a la izquierda desde la vía prioritaria (Paso 7a), giro a la derecha desde la vía no prioritaria (Paso 7b) y el efecto de la existencia de un canal compartido para el movimiento recto y el que gira a la izquierda (Paso 7c).

**Paso 7a:** *Capacidad del movimiento de giro a la izquierda desde vía prioritaria*

La capacidad de movimiento 4 que corresponde al giro a la izquierda es la misma capacidad potencial, como lo representa la ecuación 2.17.

$$c_{m,x} = c_{p,x}$$

**Ecuación (2.17)**

*Paso 7b: Capacidad del movimiento de giro a la derecha desde la vía no prioritaria*

La capacidad de movimiento que corresponde al giro a la izquierda es la misma capacidad potencial, como lo representa la ecuación 2.9.

*Paso 7c: Efecto de la existencia de un canal compartido para el movimiento recto y el que gira a la izquierda*

La probabilidad de que el movimiento de giro a la izquierda de la vía prioritaria esté libre de cola de vehículos puede ser determinada por la ecuación 2.18.

$$p_{0,j} = 1 - \frac{v_j}{c_{m,j}}$$

**Ecuación (2.18)**

Donde

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

$p_{0,j}$  = probabilidad de que el movimiento de giro a la izquierda vía prioritaria esté libre de cola (asumiendo canal exclusivo de giro a la izquierda).

$j$  = corresponde al movimiento 1 y 4 (movimientos de la categoría 2 incluidos: giro a la izquierda de la vía principal y giro en "U" usando en volumen y capacidad ajustada al caso de canal compartido).

La metodología asume implícitamente que en la intersección existe un canal exclusivo de giro a la izquierda desde la vía prioritaria. Cuando se da el caso de que no exista este canal exclusivo, el movimiento recto y el que gira a la izquierda se dan en un canal compartido, generando posibles demoras en los vehículos que seguirán recto, cuando los vehículos que giran a la izquierda esperen una brecha adecuada para ejecutar la maniobra. De esta manera, la

metodología presenta la ecuación 2.19 y 2.20 para determinar la probabilidad de que el giro a la izquierda de la vía principal esté libre de cola.

$$p_{0,j}^* = 1 - \frac{(1 - p_{0,j})}{(1 - x_{i,1+2})} \quad \text{Ecuación (2.19)}$$

Donde

$p_{0,j}^*$  = proporción de que los vehículos de la categoría 1 no sean bloqueados.

$i1$  = corresponde al movimiento 2 y 5 (movimientos que siguen recto en la vía prioritaria).

$i2$  = corresponde al movimiento 3 y 6 (movimientos que giran a la derecha en la vía principal).

$x_{i,1+2}$  = grado de saturación combinado para movimientos recto y de giro a la derecha en vía prioritaria, calculado con la ecuación 2.12.

$$x_{i,1+2} = \frac{v_{i1}}{S_{i1}} + \frac{v_{i2}}{S_{i2}} \quad \text{Ecuación (2.20)}$$

Donde

$S_{i1}$  = tasa de saturación del movimiento que sigue recto en la vía principal (su valor por defecto es de 1800 veh/h).

$S_{i2}$  = tasa de saturación del movimiento de giro a la derecha de la vía principal (su valor por defecto es de 1500 veh/h).

$v_{i1}$  = rata horaria del movimiento que sigue recto en la vía prioritaria (veh/h).

$v_{i2}$  = rata horaria movimiento giro a la derecha en la vía prioritaria (veh/h).

**Pasos 8:** *Capacidad de los movimientos de la categoría 3*

Los movimientos de tráfico de la categoría 3 corresponden a los de la vía no prioritaria, tales como el movimiento que sigue recto desde la vía no prioritaria en intersección en cruz o de cuatro ramas, y los giros a la izquierda desde la vía no prioritaria en intersecciones en T o de tres ramas, debido al conflicto con los movimientos de las categorías 1 y 2.

La capacidad  $c_{m,k}$  de todos los movimientos de la categoría 3, se obtienen calculando primero el factor de ajuste de la capacidad, que considera el efecto de obstrucción de los demás movimientos. El factor de ajuste de la capacidad se denota  $f_k$  para todos los movimientos  $k$ , y está dado por la ecuación 2.21.

$$f_k = \prod_j p_{0,j} \quad \text{Ecuación (2.21)}$$

La capacidad final de los movimientos de la categoría 3, es determinada mediante la ecuación 2.22.

$$c_{m,k} = (c_{p,k})f_k \quad \text{Ecuación (2.22)}$$

**Pasos 9:** *Capacidad de los movimientos de la categoría 4*

Estos pasos no se desarrollarán en el presente capítulo debido que involucra movimientos que no serán estudiados.

**Paso 10:** *Ajustes de la Capacidad final*

Este paso no se desarrollará en el éste capítulo, debido a que es el caso cuando en el acceso de la vía no prioritaria existe la presencia de un canal compartido para los movimientos, el cual no es de interés en el presente estudio.

**Paso 11: Calcular la demora por movimiento**

La demora experimentada por los conductores está afectada por diversos factores como por ejemplo dispositivos de control de tráfico, geometría de la intersección, volúmenes de tráfico, e incidentes.

**Paso 11a: Calcular la demora de los movimientos de la categoría 2 y categoría 4**

La demora para los movimientos de las categorías 2 y 4 se determina mediante la ecuación 2.23.

$$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900T * \left[ \frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}}\right)\left(\frac{v_x}{c_{m,x}}\right)}{450T}} \right] + 5$$

www.bdigital.ula.ve **Ecuación (2.23)**

Donde

$d$ = demora (s/veh)

$v_x$ = rata horaria del movimiento  $x$  (veh/h)

$c_{m,x}$ = capacidad del movimiento  $x$  (veh/h)

$T$ = período de tiempo del análisis (períodos de 15 minutos, representan 0.25h)

**Paso 11b: Calcular la demora de los movimientos de la categoría 1.**

El efecto que genera el canal compartido para el giro a la izquierda en la vía prioritaria sobre el movimiento que sigue recto, puede llegar a ser significativo, ya que se generan demoras para los vehículos que siguen

recto. La metodología permite estimar la proporción de que los vehículos que siguen recto (categoría 1) sean bloqueados, así como calcular la demora promedio de este movimiento, a través de las ecuaciones 2.24 ó 2.25.

$$d_{\text{categoria } 1} = \frac{(1 - p_{0,j}^*) * d_{M,LT} * \left(\frac{v_{i,1}}{N}\right)}{v_{i,1} + v_{i,2}} \quad N > 1 \quad \text{Ecuación (2.24)}$$

$$d_{\text{categoria } 1} = (1 - p_{0,j}^*) * d_{M,LT} \quad N = 1 \quad \text{Ecuación (2.25)}$$

Donde

$d_{\text{categoria } 1}$  = demora de los vehículos de la categoría 1.

N= número de canales que siguen recto por dirección en la vía prioritaria.

$d_{M,LT}$  = demora de los vehículos que giran a la izquierda, ecuación 2.18.

**Paso 12:** *Calcular demora en el acceso y en la intersección*

Este punto es de interés si se requiere conocer la demora por acceso y de la intersección, pero como en el presente capítulo se está explicando sólo para el movimiento 4, no se desarrollará este paso.

**Paso 13:** *Calcular el percentil 95 de la longitud de cola*

La longitud de cola es una consideración importante en intersecciones no semaforizadas. La ecuación 2.26 puede estimar la longitud de cola para cualquier movimiento no prioritario en la intersección durante un intervalo de tiempo de 15 minutos pico.

$$Q_{95} \approx 900T * \left[ \frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}}\right)\left(\frac{v_x}{c_{m,x}}\right)}{150T}} \right] * \left(\frac{c_{m,x}}{3600}\right)$$

**Ecuación (2.26)**

Donde

$Q_{95}$ = percentil 95 de la longitud de cola (veh)

$v_x$ = rata horaria del movimiento y en el canal compartido (veh/h)

$c_{m,x}$ = capacidad del movimiento y en el canal compartido

T= período de tiempo del análisis (períodos de 15 minutos, representan 0.25h)

### **2.2.20 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Según Rujano (2015)<sup>13</sup> las técnicas de recolección de datos son muy variadas, las cuales dependen del tipo de variables que se quieran conocer, ya sean volúmenes, velocidades, demoras. Según las condiciones imperantes del tráfico y de la importancia del estudio existen varios métodos que permiten realizar estimaciones de estas variables, los cuales serán descritos seguidamente.

#### **✓ Mediciones de Volúmenes de Tránsito**

*Técnicas para medir volúmenes*

Según Cal y Mayor y Cárdenas (2007)<sup>8</sup> existen diversas formas de obtener registros vehiculares por observación directa, como lo son:

- *Conteos manuales*, que son muy útiles para conocer la composición vehicular, volúmenes de tráfico por canales y de movimientos direccionales en intersecciones.
- *Conteos mecánicos*, requiere de contadores automáticos de volúmenes de tránsito que contabilizan y registran los ejes de los vehículos.
- *Conteos con fotografía y filmación*, es una técnica más sofisticada con equipos adaptados a computadoras.

Según Radelat (2003)<sup>7</sup> los *conteos manuales* requieren de una pequeña inversión inicial, apenas se requiere de hojas (planillas de conteo), lápices contadores, cronómetros, pero requiere de muchas horas hombre para el procesamiento de los datos; mientras que los *conteos mecánicos* pueden captar grandes cantidades de datos en menor tiempo, con una mayor precisión y un personal mínimo. Los conteos con fotografía y filmación son un método rápido y económico, pero es largo el procesamiento de datos, al menos que pueda realizarse un análisis automático de imágenes, pero requiere de equipos especiales.

El empleo de cualquiera de estos métodos de conteo dependerá de lo que se quiere conocer y el lugar de aplicación, porque cuando se trata por ejemplo de conteos que duran pocas horas, es preferible realizarlo manualmente que trasladar y montar equipos automáticos; así como en el caso de conteos clasificados y direccionales, se recomienda realizarlo de forma manual, porque el personal tiene una mejor percepción de lo que ocurre en el sitio.

#### *Duración de los conteos*

Los conteos en su mayoría son cortos, y se realizan en las horas pico en períodos de 15 minutos generalmente, pero también pueden realizarse en períodos de 4, 6, 10, 12, 15, 20 ó 30 minutos. Si interesa conocer la variación diurna del tráfico se pueden hacer mediciones de 12 horas o menos

dependiendo del comportamiento del tráfico y de la importancia del estudio (Radelat, 2003)<sup>7</sup>. Los conteos deben realizarse en condiciones normales del tráfico, evitando días de fiesta, temporada vacacional, mal tiempo, ya que arrojan resultados incorrectos, al menos que se quiera conocer el efecto de estas condiciones sobre el tráfico existente.

Existen los conteos de tipo periódico que se emplean para determinar las características anuales del tráfico, como lo son los *conteos continuos* con el uso de contadores mecánicos o electrónicos en estaciones permanentes de conteo; *conteos de control* se realizan en estaciones de control que permiten precisar variaciones estacionales y mensuales de las características del tránsito; y los *conteos de cobertura* que se usan para estimar el PDT a partir de los conteos de control (Garber y Hoel, 2005)<sup>9</sup>.

#### *Distribución y composición del tráfico*

Según Cal y Mayor y Cárdenas (2007)<sup>8</sup> la distribución por canales debe ser considerada, tanto en vías de dos canales como en vías multicanales, ya que el comportamiento de los volúmenes de tráfico en cada canal varía en función de la cantidad de vehículos que demande las vías.

Para Kraemer (2003)<sup>14</sup> en carreteras de dos canales suele considerarse los volúmenes en ambos sentidos cuando se van a estudiar volúmenes diarios; pero cuando se requiere el análisis de volúmenes horarios, recomienda el estudio de volúmenes por sentido de circulación.

Del mismo modo es útil conocer la composición vehicular, y se mide a través de porcentajes con respecto al volumen total: porcentajes de vehículos livianos, de autobuses y de camiones.

### **2.2.21 Dispositivos para el control del tránsito INTT (2009)<sup>15</sup>**

“Los dispositivos para el control del tránsito comprenden señales verticales, demarcaciones, semáforos y demás dispositivos que son colocados sobre la vialidad o en sus inmediaciones, a fin de prevenir, regular y guiar a los usuarios.” (pp. 1-3).

Estos dispositivos se clasifican de la siguiente manera:

#### **✓ Señales verticales**

“Las señales verticales son dispositivos que mediante símbolos o leyendas determinadas, reglamentan las prohibiciones o restricciones respecto al uso de las vías, previenen a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, así como proporcionan información necesaria para guiar a los usuarios.” (pp. 2-1).

Al diseñar las señales es importante lograr uniformidad en forma, tamaños, símbolos, colores, entre otros, de manera que satisfagan una necesidad y transmitan claramente el mensaje deseado. Se clasifican de acuerdo a su función en:

- a. *Señales de reglamentación:* que notifica a los usuarios las limitaciones, prohibiciones o restricciones que tienen en la vía, dicha violación es causal de una infracción penada por la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre.
- b. *Señales de prevención:* cumplen la función de advertir a los usuarios la existencia de algún peligro o situaciones imprevistas que puedan presentarse en la vía.
- c. *Señales de información:* notifican a los conductores las rutas, destinos, distancias, ubicación de poblados, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que son de interés al usuario.

✓ **Señales horizontales o Demarcación**

“Son las líneas, los símbolos y las letras que se pintan sobre el pavimento, en brocales y en estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos” (pp. 3-1).

La demarcación vial se clasifica según su forma y altura:

✓ **Según su forma:**

- a. *Líneas longitudinales*: usadas para la delimitación de canales, hombrillos, para indicar zonas de prohibición,
- b. *Líneas transversales*: son usadas en las intersecciones como indicación para que el vehículo se detenga, bicicleta o peatones.
- c. *Símbolos y leyendas*: usadas para guiar y advertir al usuario, tales como las flechas.
- d. *Otras demarcaciones*.

✓ **Según su altura:**

- a. *Planas*: son aquéllas de hasta 6mm de altura.
- b. *Elevadas*: son aquéllas de más de 6mm de altura. Éstas son más visibles al conductor en la noche y en condiciones de lluvia.

Es importante que la señalización y demarcación se haga con las normas técnicas especificadas, ya que esto puede evitar en gran medida el índice de accidentes de tránsito, y de esta manera reforzar la seguridad vial de la carretera.

## **CAPITULO III. MARCO METODOLOGICO**

### ***3.1 Consideraciones Generales***

En el presente capítulo se muestra la metodología empleada para el desarrollo del proyecto de diseño geométrico del acceso al Puente binacional Tienditas y de la Intersección con la vía San Antonio – Ureña, tomando en consideración el lugar de implantación, las condiciones topográficas, geográficas, socioeconómicas, comportamiento del tráfico y proyecciones futuras.

Seguidamente serán descritos los procedimientos empleados para obtener la data necesaria para la evaluación del comportamiento del tráfico, tales como las mediciones de volúmenes vehiculares, velocidades, así como también la topografía de la zona, dicha información es fundamental para realizar el diseño geométrico.

### ***3.2 Ubicación del Proyecto***

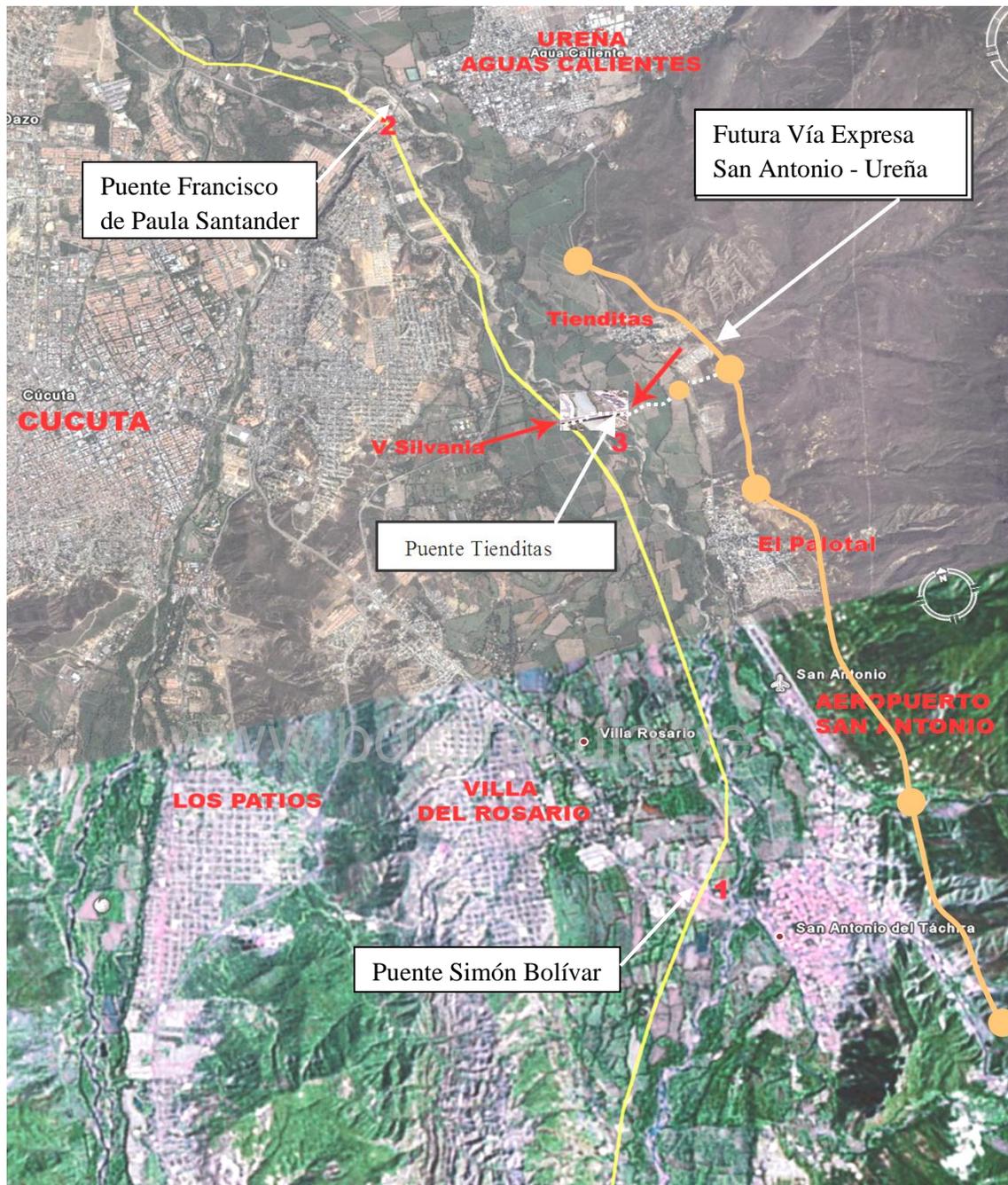
El proyecto del Puente Internacional Tienditas, sus interconexiones viales y las instalaciones del centro de fronteras, se ubican en la frontera de Colombia y Venezuela entre el departamento del Norte de Santander y el estado Táchira, y establecerá la comunicación entre la zona denominada Las Tienditas, ubicada sobre el eje vial San Antonio del Táchira - Ureña, y la zona de Villa Silvania en Cúcuta.

La ubicación del puente corresponde a las coordenadas geográficas del lado Venezuela, Latitud: N7°52'37.82" y Longitud O72° 27'06.28"; del lado Colombia se tiene Latitud: N7°52'34.04" y Longitud O72°27'14.62". En la figura N° 3.1 se muestra la ubicación geográfica de la zona de estudio.



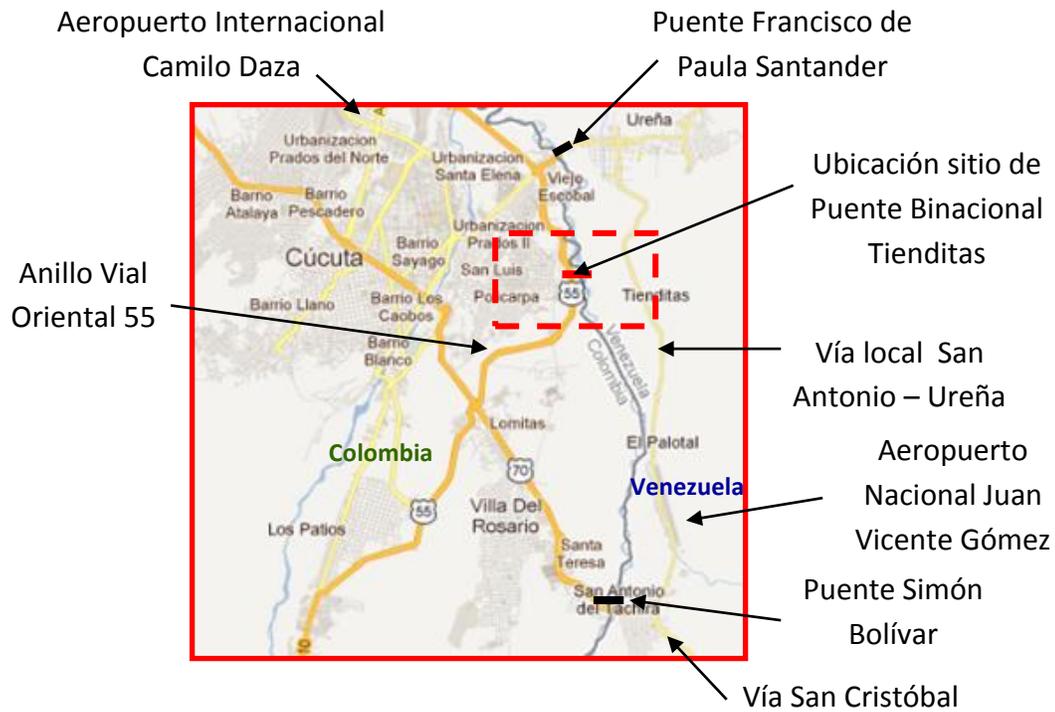
**Figura N° 3.1** Ubicación Geográfica

La Figura N° 3.2 indica la ubicación del Puente Tienditas, entre Villa Silvania (Cúcuta) y la población de Tienditas (Venezuela).



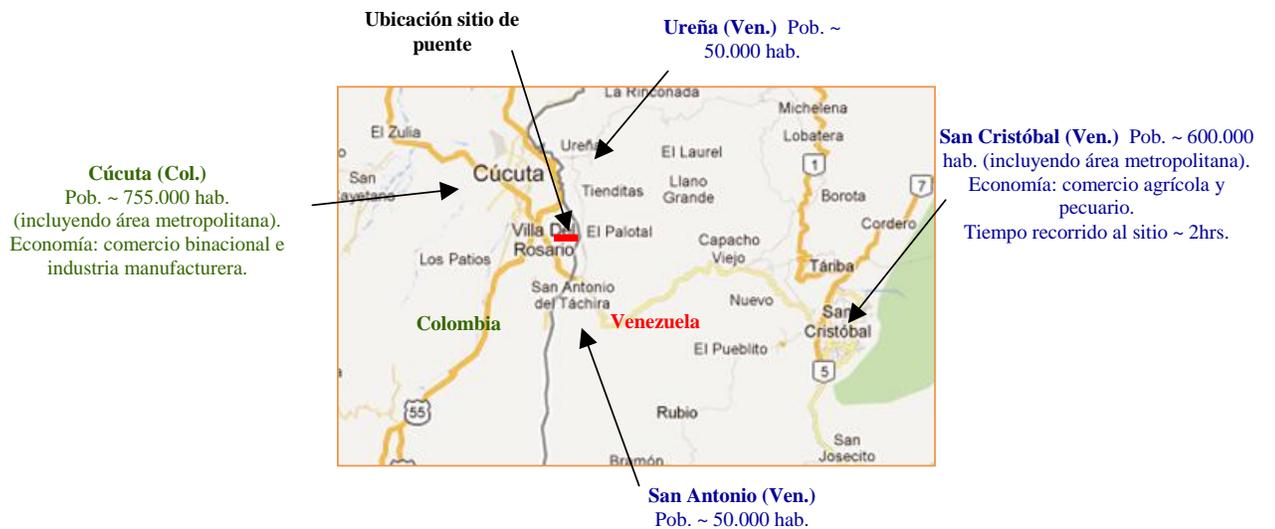
**Figura N° 3.2** Plano de ubicación puente Las Tienditas

En la figura Nro. 3.3 se aprecian las ubicaciones de las conexiones viales existentes, tales como los dos puentes internacionales y las vías de acceso locales en los dos países.



**Figura N° 3.3** Conexiones viales existentes

Los centros poblados cercanos a la zona de implantación del proyecto, tales como Tienditas, Ureña, San Antonio, Villa de Rosario (Colombia), entre otros, se muestran en la figura en la figura N° 3.4.



**Figura N° 3.4** Centros poblados cercanos

### 3.3 Descripción del sitio

El sitio de implantación del proyecto se caracteriza por tener una topografía con pendientes muy bajas, tratándose de terreno llano, que históricamente ha sido utilizado para la siembra de caña de azúcar.

El ancho de inundación del río Táchira en la zona del proyecto es de aproximadamente 200m, manteniendo un cauce de posición variable en el tiempo dentro de este ancho. En la figura N° 3.5 se representa la topografía del sitio.



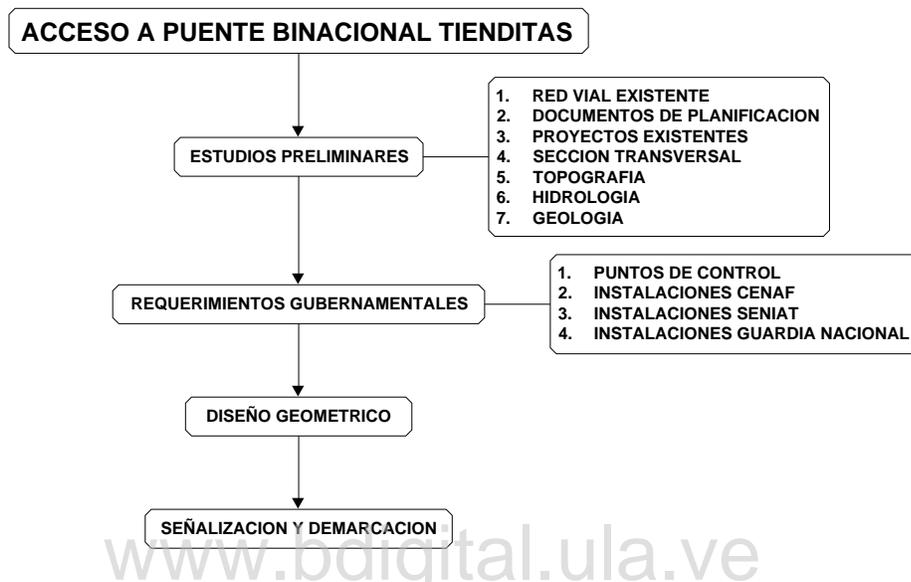
Figura N° 3.5 Topografía del sitio

### 3.4 Metodología

La metodología empleada en el desarrollo del Proyecto de la vialidad de acceso a Puente Binacional Tienditas, y en la intersección a nivel entre la vía de acceso al puente y la carretera San Antonio – Ureña, se presentan a continuación.

### 3.4.1 Acceso a Puente Binacional Tienditas

El esquema metodológico a seguir en el desarrollo del proyecto de la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas está representado en la figura 3.6.



**Figura N° 3.6** Esquema Metodológico de Proyecto de Vialidad del acceso a Puente Binacional Tienditas.

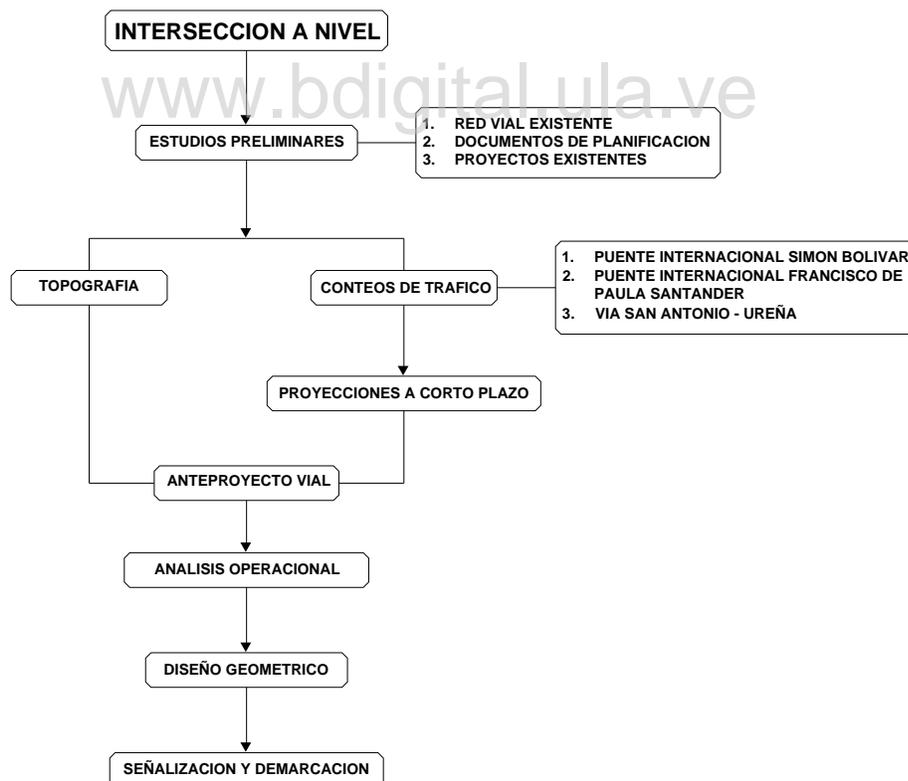
En primer lugar, se deben realizar los estudios preliminares como lo es analizar la red vial existente, y así conocer qué tipo de vialidad es a la que se debe hacer la conexión y el punto más adecuado para intersecar la vía existente, realizando a su vez una revisión a los documentos de planificación y a los proyectos existentes en la zona.

Por otro lado, se debe recabar toda la información referida a la sección transversal del Puente Binacional Tienditas, ya que estudios preliminares determinaron el dimensionamiento de la misma; también se debe recopilar la información topográfica del sitio de implantación del proyecto. Por tratarse de una vialidad de uso especial como lo es la conexión entre dos países, se deben seguir los requerimientos gubernamentales que sean exigidos, tales

como los puntos de control y las instalaciones necesarias para el control de operación del paso fronterizo. Una vez que se tiene información se procede a realizar el diseño geométrico del acceso, considerando lo estipulado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (1985)<sup>1</sup>. Posteriormente se procede a plantear la señalización y demarcación del acceso y de sus instalaciones, regidos por el Manual Venezolano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (INTT, 2009)<sup>15</sup>.

### 3.4.2 Intersección a Nivel entre Vía de acceso a Puente Binacional Tienditas y carretera San Antonio - Ureña

La metodología a seguir para el proyecto de la intersección entre la vía de acceso al Puente Binacional Tienditas y la carretera San Antonio – Ureña es representada en la figura 3.7.



**Figura N° 3.7** Esquema Metodológico del Proyecto de Intersección vía de acceso al Puente Binacional Tienditas con la carretera San Antonio – Ureña.

Es necesario realizar conteos de tráfico para luego proceder al análisis operacional de la intersección a proyectar, por lo cual se deben conocer los volúmenes de tráfico que actualmente circulan por los puentes internacionales Simón Bolívar y Francisco de Paula Santander, así como también el tráfico que circula por la carretera San Antonio – Ureña.

Una vez determinado el nivel de operación deseado, se procede a realizar el diseño geométrico definitivo de la intersección, enmarcado en los criterios dados por el MTC (1985)<sup>1</sup>.

Por último se realiza la señalización y demarcación de la intersección, en base a los criterios del Manual Venezolano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (INTT, 2009)<sup>15</sup>.

### **3.5 Mediciones**

En el estudio preliminar para el diseño de la intersección entre la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas y la carretera San Antonio – Ureña, se realizaron conteos de tráfico sobre el Puente Internacional Francisco de Paula Santander ubicado en Ureña, en el Puente Internacional Simón Bolívar en San Antonio del Táchira, y sobre la carretera San Antonio – Ureña.

Se realizó el levantamiento topográfico en una longitud aproximada de 1,5Km desde el río Táchira hasta la carretera San Antonio – Ureña, para una franja de ancho 100m.

El sitio de estudio está definido entre Puente Internacional Francisco de Paula Santander ubicado en Ureña Estado Táchira en la Frontera con Colombia, en las coordenadas geográficas Latitud: 7°55'00"N Longitud: 72°27'45"O; y el Puente Internacional Simón Bolívar que se encuentra en San Antonio Estado Táchira en la Frontera con Colombia, en las siguientes coordenadas geográficas Latitud: 7°49'04"N Longitud: 72°27'03"O, como se aprecia en la figura 3.8.



**Figura N° 3.8** Ubicación de Puente Internacional Francisco de Paula Santander y de Puente Internacional Simón Bolívar.

### ***3.5.1 Mediciones de tráfico en Puente Internacional Francisco de Paula Santander***

El Puente Internacional Francisco de Paula Santander es una conexión internacional entre Venezuela y Colombia, que se encuentra ubicado entre Ureña y Cúcuta respectivamente. Se trata de un puente con dos canales de circulación (uno por sentido) y acera por ambos lados.

Para el análisis de tráfico se realizaron mediciones manuales durante ocho horas consecutivas, los días martes 16/09/2014 y miércoles 17/09/2014 de 8:00am – 4:00pm. Los conteos vehiculares fueron clasificados en vehículos

livianos, transporte público y camiones, y realizados en períodos de 15 minutos y por sentido de circulación.

Las características del sitio para los días de las mediciones fueron las siguientes:

- Vialidad: carretera de dos canales (uno por sentido), en buen estado de conservación.
- Condición ambiental: Clima soleado.
- Mes del conteo: Septiembre. Días de conteo: martes – miércoles.
- Condición de tráfico: Excepcional. Debido a las restricciones vehiculares en los puntos de control de la Fuerza Armada Venezolana (Guardia Nacional y Ejército). Se generan colas en cualquier hora del día.

En la figura 3.9 se muestra el tipo de planilla empleada en los conteos vehiculares.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

CONTEOS DIRECCIONALES			
UBICACION:		SENTIDO:	
ENCUESTADOR:		FECHA:	
OBSERVADOR:		DIA:	
		HORA:	
HORA	DIRECCION DEL FLUJO:		
	TIPO DE VEHICULO		
	LIVIANO	TRANSPORTE PUBLICO	CAMION
OBSERVACIONES:			

Figura Nº 3.9 Planilla tipo de conteos direccionales.

### **3.5.2 Mediciones de tráfico en Puente Internacional Simón Bolívar**

El Puente Internacional Simón Bolívar se trata de una conexión internacional entre Venezuela y Colombia, que se encuentra ubicado entre San Antonio del Táchira y Villa del Rosario respectivamente. Se trata de un puente con dos canales de circulación (uno por sentido) y acera por ambos lados.

Los conteos vehiculares se realizaron manualmente durante ocho horas consecutivas, los días martes 16/09/2014 y miércoles 17/09/2014 de 8:00am – 4:00pm, los cuales fueron clasificados en vehículos livianos, transporte público y camiones, y realizados en períodos de 15 minutos y por sentido de circulación.

Las características del sitio fueron las mismas explicadas para el Puente Francisco de Paula Santander.

### **3.5.3 Mediciones de tráfico sobre carretera San Antonio – Ureña**

Los conteos se realizaron manualmente durante ocho horas consecutivas, los días martes 16/09/2014 y miércoles 17/09/2014 de 8:00am – 4:00pm, clasificados en vehículos livianos, transporte público y camiones, y realizados en períodos de 15 minutos y por sentido de circulación.

### **3.5.4 Topografía de la zona de implantación del proyecto**

La topografía para el desarrollo del proyecto de la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas, fue realizada en principio haciendo uso de GPS diferenciales para el traslado de coordenadas de puntos conocidos con coordenadas UTM en el aeropuerto de San Antonio, los cuales fueron arrastrados hasta la localidad de Tienditas, y posteriormente se realizó el levantamiento topográfico plani-altimétrico detallado de la zona de implantación del proyecto, en una franja de 100m de ancho y en una longitud de 1.5Km aproximadamente.

## **CAPITULO IV. CONTEOS VEHICULARES**

En el presente capítulo se hace un análisis del Tráfico vehicular que pasa por los puentes internacionales Francisco de Paula Santander y el Simón Bolívar ubicados en la población de Ureña y San Antonio del Táchira, con la finalidad de conocer el volumen vehicular que circula en horas pico y en horas valle, el porcentaje de vehículos pesados, y otros indicadores del tráfico de interés.

### ***4.1 Puente Internacional Francisco de Paula Santander Ureña estado Táchira.***

Los conteos realizados en el Puente Internacional Francisco de Paula Santander se realizaron de forma manual según la metodología explicada anteriormente; en la tabla 4.1 se presentan los volúmenes medidos en intervalos de 15 minutos.

**Tabla N° 4.1** Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Sentido Colombia – Venezuela.

DÍA: MARTES 16/09/2014					DÍA: MIÉRCOLES 17/09/2014				
HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN	HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN
08:00 - 08:15	93	4	10	107	08:00 - 08:15	92	4	14	110
08:15 - 08:30	84	6	13	103	08:15 - 08:30	99	6	10	115
08:30 - 08:45	86	5	18	109	08:30 - 08:45	93	3	19	115
08:45 - 09:00	94	6	10	110	08:45 - 09:00	95	4	22	121
09:00 - 09:15	84	7	10	101	09:00 - 09:15	97	3	12	112
09:15 - 09:30	86	3	21	110	09:15 - 09:30	86	3	18	107
09:30 - 09:45	93	4	20	117	09:30 - 09:45	84	4	34	122
09:45 - 10:00	75	6	20	101	09:45 - 10:00	98	3	14	115
10:00 - 10:15	98	3	17	118	10:00 - 10:15	94	4	16	114
10:15 - 10:30	105	3	18	126	10:15 - 10:30	86	4	19	109
10:30 - 10:45	88	3	20	111	10:30 - 10:45	91	3	12	106
10:45 - 11:00	96	5	19	120	10:45 - 11:00	92	5	19	116
11:00 - 11:15	88	4	20	112	11:00 - 11:15	98	4	17	119
11:15 - 11:30	82	4	24	110	11:15 - 11:30	86	3	16	105
11:30 - 11:45	72	3	21	96	11:30 - 11:45	82	4	16	102
11:45 - 12:00	99	4	22	125	11:45 - 12:00	92	5	14	111
12:00 - 12:15	89	4	21	114	12:00 - 12:15	96	4	16	116
12:15 - 12:30	92	5	9	106	12:15 - 12:30	83	4	10	97
12:30 - 12:45	84	3	22	109	12:30 - 12:45	85	3	17	105
12:45 - 1:00	93	5	2	100	12:45 - 1:00	88	3	9	100
1:00 - 1:15	96	5	15	116	1:00 - 1:15	98	5	14	117
1:15 - 1:30	87	7	8	102	1:15 - 1:30	102	5	16	123
1:30 - 1:45	93	3	14	110	1:30 - 1:45	112	3	10	125
1:45 - 2:00	86	4	26	116	1:45 - 2:00	108	4	10	122
2:00 - 2:15	94	4	18	116	2:00 - 2:15	106	3	14	123
2:15 - 2:30	90	3	11	104	2:15 - 2:30	94	3	18	115
2:30 - 2:45	93	4	26	123	2:30 - 2:45	98	2	15	115
2:45 - 3:00	88	4	21	113	2:45 - 3:00	102	4	17	123
3:00 - 3:15	106	4	10	120	3:00 - 3:15	89	4	18	111
3:15 - 3:30	72	5	17	94	3:15 - 3:30	78	2	15	95
3:30 - 3:45	69	3	15	87	3:30 - 3:45	89	4	14	107
3:45 - 4:00	60	4	9	73	3:45 - 4:00	74	4	10	88
<b>TOTALES</b>	<b>2815</b>	<b>137</b>	<b>527</b>	<b>3479</b>	<b>TOTALES</b>	<b>2967</b>	<b>119</b>	<b>495</b>	<b>3581</b>

En función de los conteos realizados en intervalos de 15 minutos en el Puente Francisco de Paula Santander sentido Colombia Venezuela, la hora de máxima demanda el día martes se ubicó entre las 10:00am – 11:00am con un volumen máximo de 475 veh/h; el día miércoles la hora de máxima demanda fue de 1:15pm – 2:15pm con un volumen máximo de 494 veh/h (ver en tabla N° 4.3 los Indicadores de Tráfico).

**Tabla N° 4.2** Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Sentido Venezuela – Colombia.

DÍA: MARTES 16/09/2014					DÍA: MIERCOLES 17/09/2014				
HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN	HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN
08:00 - 08:15	54	4	12	70	08:00 - 08:15	112	5	16	133
08:15 - 08:30	46	3	9	58	08:15 - 08:30	110	4	17	131
08:30 - 08:45	51	5	11	67	08:30 - 08:45	110	5	17	132
08:45 - 09:00	48	3	12	63	08:45 - 09:00	90	3	24	117
09:00 - 09:15	66	6	12	84	09:00 - 09:15	105	4	14	123
09:15 - 09:30	201	5	19	225	09:15 - 09:30	96	6	11	113
09:30 - 09:45	117	4	15	136	09:30 - 09:45	106	5	16	127
09:45 - 10:00	98	6	11	115	09:45 - 10:00	93	4	19	116
10:00 - 10:15	97	3	18	118	10:00 - 10:15	205	5	22	232
10:15 - 10:30	75	5	22	102	10:15 - 10:30	144	6	18	168
10:30 - 10:45	111	2	21	134	10:30 - 10:45	75	2	23	100
10:45 - 11:00	165	5	17	187	10:45 - 11:00	114	5	17	136
11:00 - 11:15	113	6	23	142	11:00 - 11:15	121	4	13	138
11:15 - 11:30	79	3	18	100	11:15 - 11:30	105	3	25	133
11:30 - 11:45	77	12	25	114	11:30 - 11:45	101	3	18	122
11:45 - 12:00	67	3	15	85	11:45 - 12:00	75	4	25	104
12:00 - 12:15	47	3	10	60	12:00 - 12:15	90	3	14	107
12:15 - 12:30	63	3	24	90	12:15 - 12:30	105	4	17	126
12:30 - 12:45	56	5	13	74	12:30 - 12:45	88	3	26	117
12:45 - 1:00	46	1	9	56	12:45 - 1:00	146	5	9	160
1:00 - 1:15	150	5	10	165	1:00 - 1:15	113	4	18	135
1:15 - 1:30	200	3	15	218	1:15 - 1:30	168	4	20	192
1:30 - 1:45	135	2	19	156	1:30 - 1:45	161	5	11	177
1:45 - 2:00	140	5	16	161	1:45 - 2:00	149	5	17	171
2:00 - 2:15	139	7	14	160	2:00 - 2:15	167	3	9	179
2:15 - 2:30	165	5	15	185	2:15 - 2:30	140	4	14	158
2:30 - 2:45	198	7	12	217	2:30 - 2:45	147	5	6	158
2:45 - 3:00	120	6	16	142	2:45 - 3:00	112	4	15	131
3:00 - 3:15	98	2	8	108	3:00 - 3:15	116	3	20	139
3:15 - 3:30	84	3	5	92	3:15 - 3:30	139	3	14	156
3:30 - 3:45	81	2	11	94	3:30 - 3:45	129	4	9	142
3:45 - 4:00	95	3	11	109	3:45 - 4:00	121	3	6	130
<b>TOTALES</b>	<b>3282</b>	<b>137</b>	<b>468</b>	<b>3887</b>	<b>TOTALES</b>	<b>3853</b>	<b>130</b>	<b>520</b>	<b>4503</b>

De acuerdo a la tabla 4.2 y en función de los conteos realizados en intervalos de 15 minutos en el Puente Francisco de Paula Santander sentido Venezuela - Colombia, la hora de máxima demanda el día martes se ubicó entre las 1:45pm – 2:45pm con un volumen máximo de 723 veh/h; el día miércoles la hora de máxima demanda fue de 1:15pm – 2:15pm con un volumen máximo de 719 veh/h (ver en tabla N° 4.4 los Indicadores de Tráfico).

**Tabla N° 4.3.** Indicadores de Tráfico. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Sentido Colombia - Venezuela.

DIA	VOLUMEN HORA PICO (veh/h)	RATA HORARIA (veh/h)	FHP	%VP	%VP <sub>PROMEDIO</sub>
MARTES	475	504	0.94	19	18
MIERCOLES	493	500	0.99	17	

**Tabla N° 4.4** Indicadores de Tráfico. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Sentido Venezuela – Colombia.

DIA	VOLUMEN HORA PICO (veh/h)	RATA HORARIA (veh/h)	FHP	%VP	%VP <sub>PROMEDIO</sub>
MARTES	723	868	0.83	16	15
MIERCOLES	719	768	0.94	14	

Al determinar los indicadores de tráfico mostrados en la tabla N° 4.3 y N° 4.4, se puede observar que el factor hora pico se encuentra entre el 0.83 – 0.99, lo cual indica que el tráfico está distribuido de manera uniforme a lo largo de la hora de máxima demanda. El volumen de vehículos en la hora pico es superior en sentido Venezuela – Colombia.

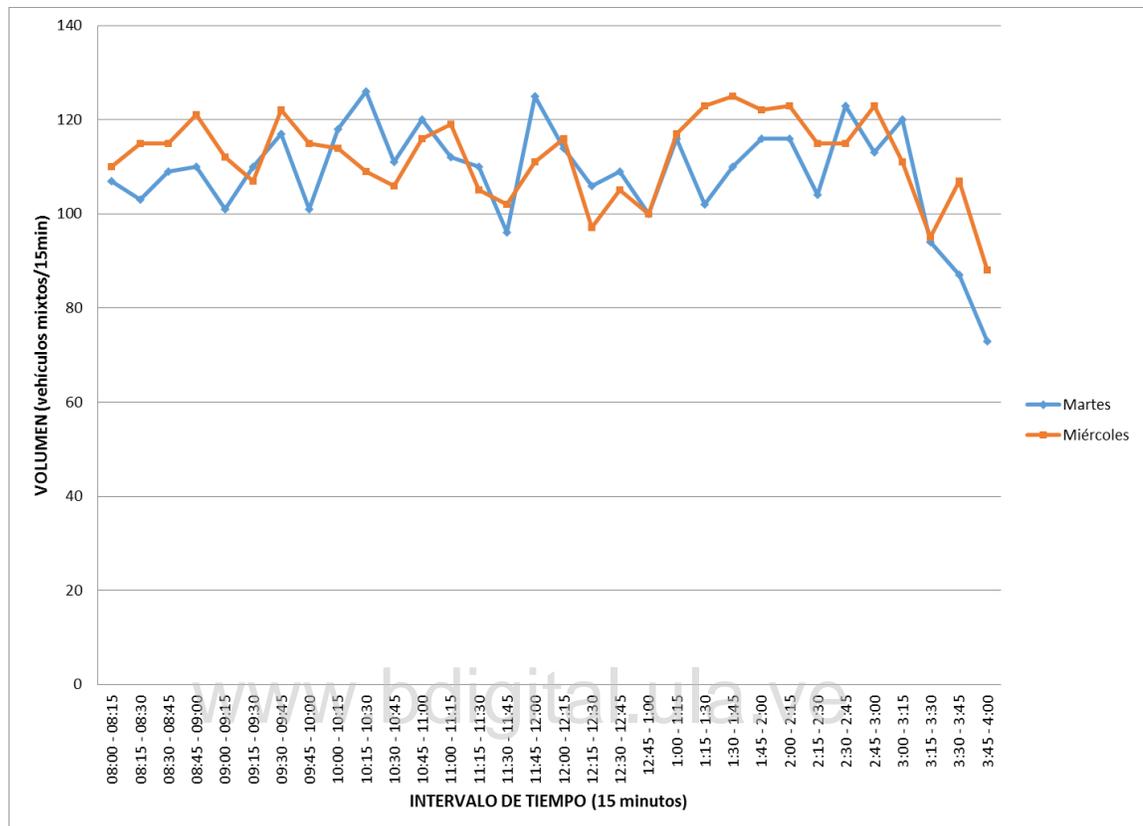
Los datos tomados en campo dan como resultado que el porcentaje de vehículos pesados en el Puente Francisco de Paula Santander sentido Colombia – Venezuela es del 18%, y sentido Venezuela – Colombia es del 15%.

✓ **Porcentaje de Vehículos Pesados ambos sentidos**

**%VP<sub>AS</sub> = 16%** en Puente Internacional Francisco de Paula Santander.

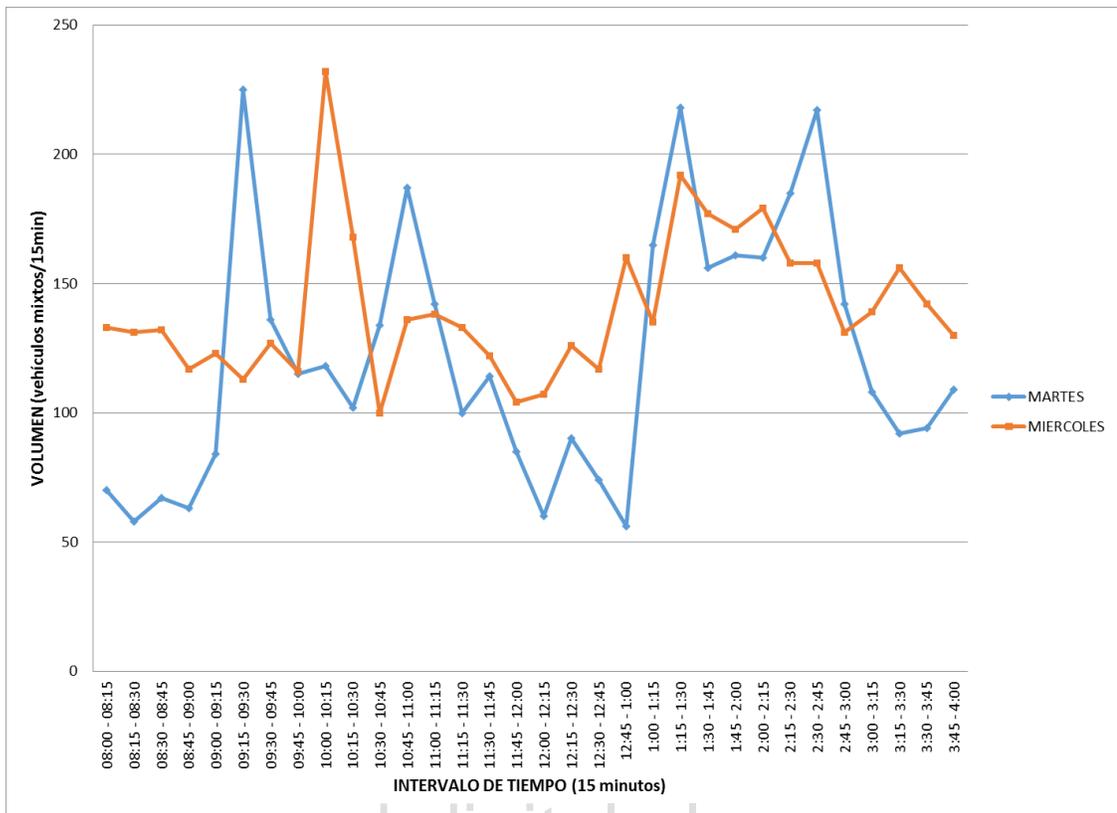
En la figura N° 4.1 se representa la variación de los volúmenes de tránsito mixto a lo largo de las ocho horas de medición los días martes y miércoles en Puente Francisco de Paula Santander sentido Colombia - Venezuela; se

aprecia un comportamiento del tráfico similar en los dos días, notándose un incremento en los volúmenes el día miércoles.



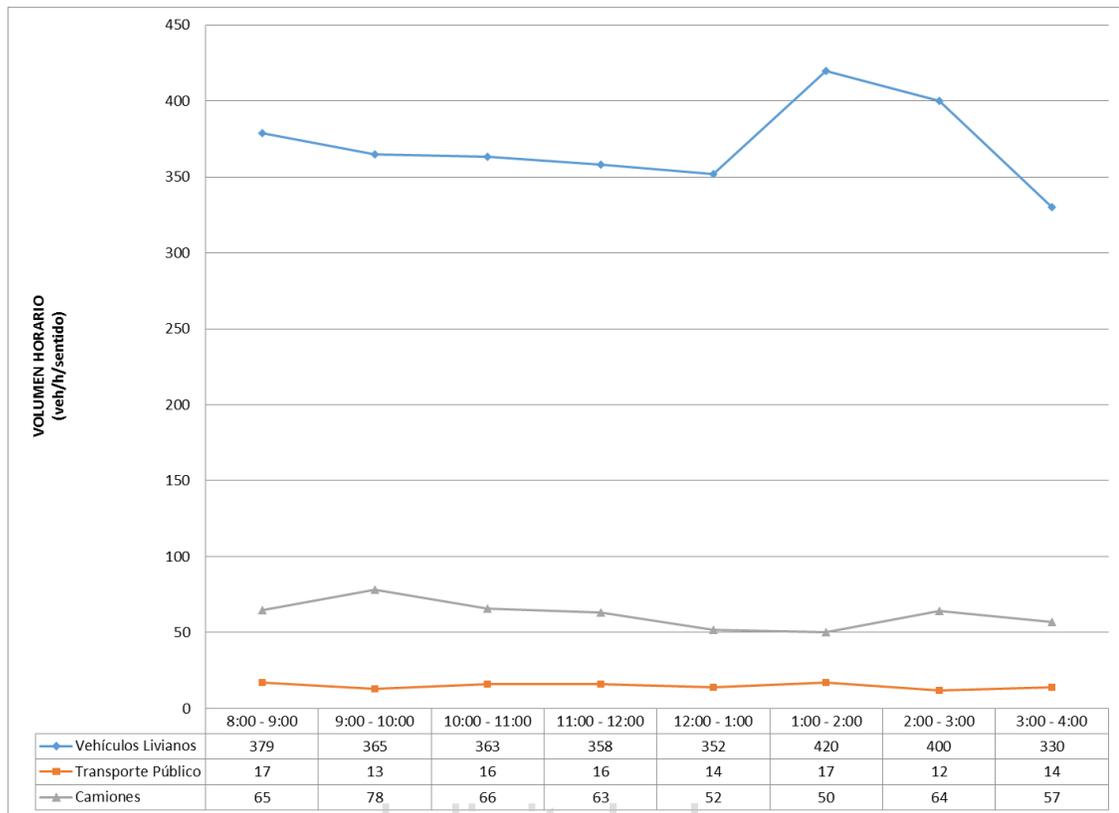
**Figura N° 4.1** Variación del volumen de tránsito mixto sentido Colombia – Venezuela. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira.

En la figura N° 4.2 se representa la variación del tráfico mixto medidos los días martes y miércoles en sentido Venezuela - Colombia, en la cual se observa un incremento en los volúmenes el día miércoles, así como también que no hay regularidad en el flujo vehicular ni a lo largo del día, ni entre los días de medición. Este comportamiento es causado porque no existe un flujo de vehículos continuo debido a los controles que ejercen la guardia nacional y el ejército sobre los vehículos, por tanto la continuidad del flujo está condicionada por el tiempo que demoren la revisión de los vehículos por parte de la Guardia Nacional de Venezuela.



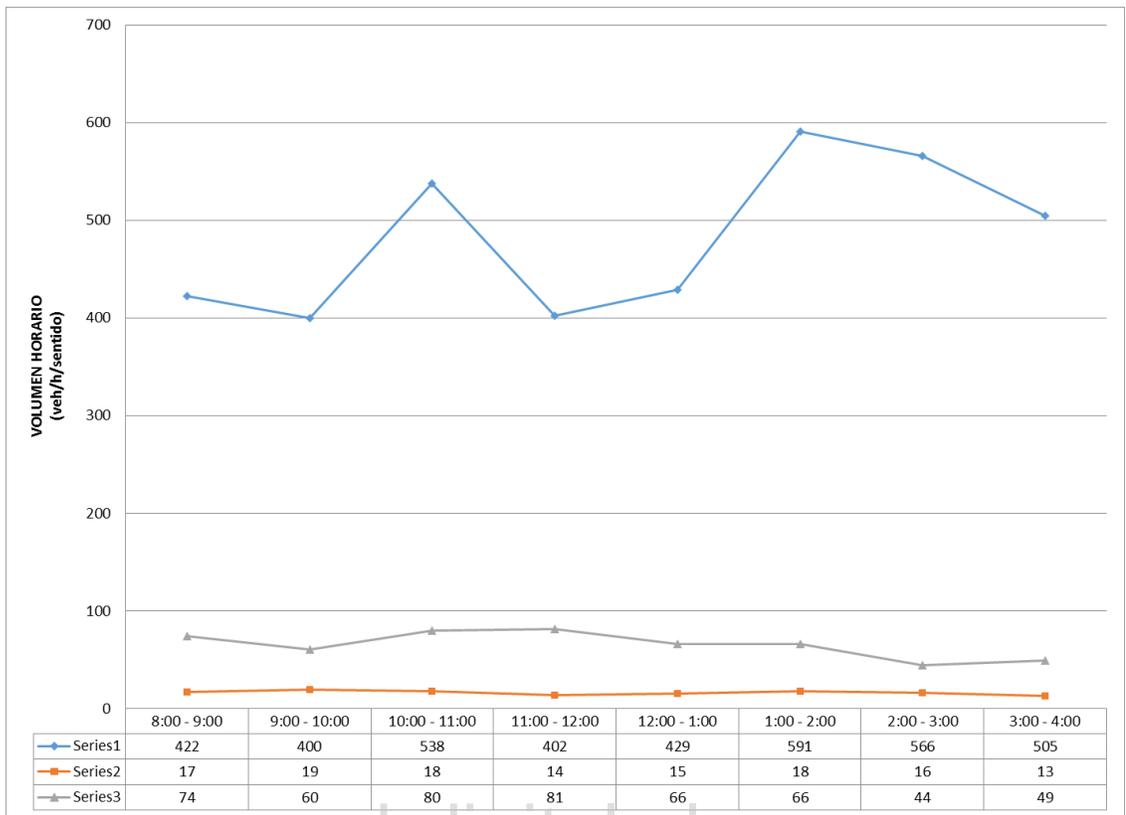
**Figura Nº 4.2** Variación del volumen de tránsito mixto sentido Venezuela – Colombia. Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira.

En la figura Nº 4.3 se representa la composición del tráfico en el Puente Francisco de Paula Santander sentido Colombia – Venezuela para el día miércoles de medición, se aprecia una distribución uniforme del transporte público a lo largo del día, igual es el caso de los camiones con algunos picos en determinadas horas del día, así como también para los vehículos livianos, dicho volumen incrementa en la hora pico. Se observa un mayor presencia de camiones en horas de la mañana.



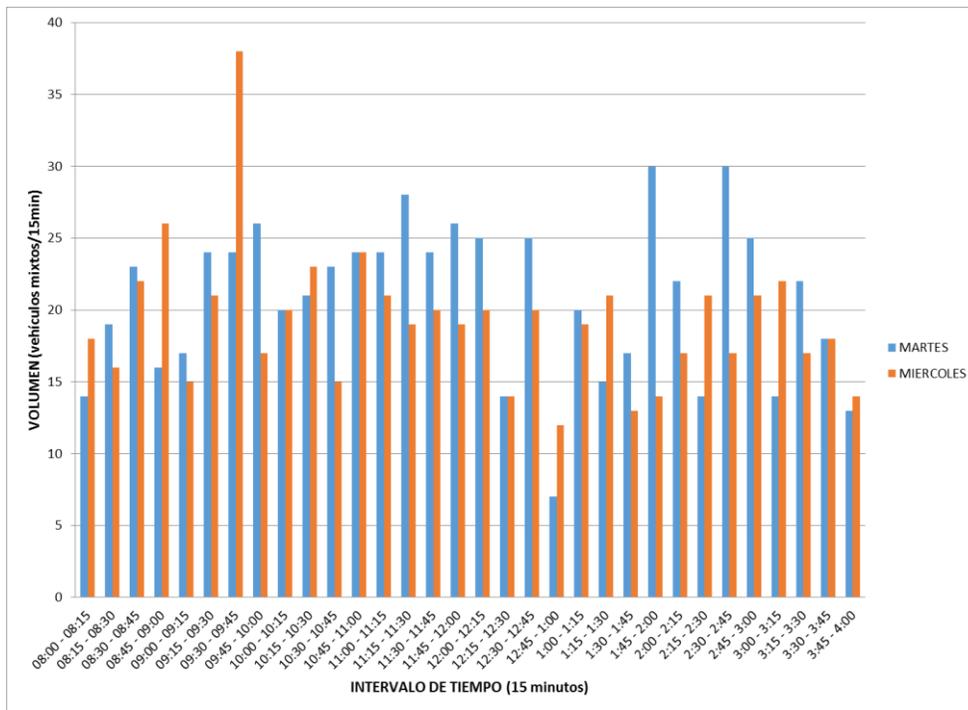
**Figura N° 4.3** Variación horaria del volumen de tránsito y composición vehicular sentido Colombia – Venezuela en Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Datos día miércoles.

En la figura N° 4.4 se representa la composición del tráfico en el Puente Francisco de Paula Santander sentido Venezuela – Colombia, se aprecia una distribución uniforme del transporte público a lo largo del día, al igual que los camiones en donde se observa un incremento regular de 9:00am – 12:00pm, a partir de esta hora comienza a disminuir el volumen de carga pesada. La distribución de los vehículos livianos es variable en el día, debido a las restricciones ya mencionadas. A final de tarde el volumen de tráfico hacia Colombia disminuye.

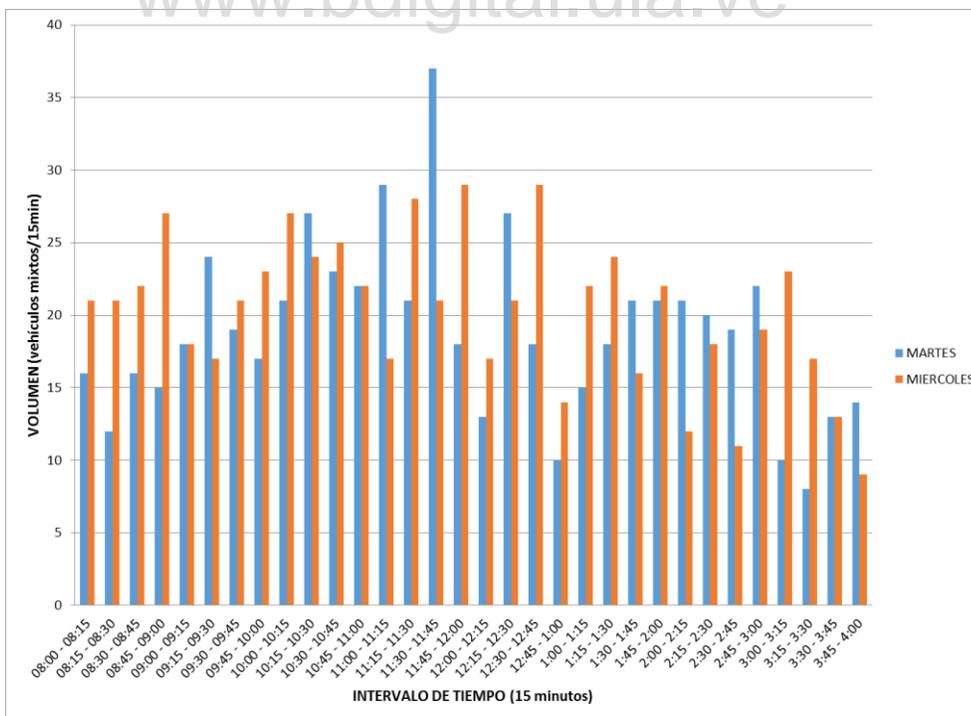


**Figura N° 4.4** Variación horaria del volumen de tránsito y composición vehicular sentido Venezuela – Colombia en Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira. Datos día miércoles.

En la figura N° 4.5 que representa la variación del volumen de vehículos pesados para los dos días de medición en sentido Colombia – Venezuela, y se aprecia que hubo mayor presencia de vehículos pesados el día martes. La figura 4.6 refleja el comportamiento en sentido Venezuela – Colombia, para un volumen de vehículos pesados que es superior el día miércoles. Por otro lado, se observa más uniformidad de los volúmenes de vehículos pesados a lo largo del día en el sentido Colombia – Venezuela (excepto por algunos picos que se presentan).

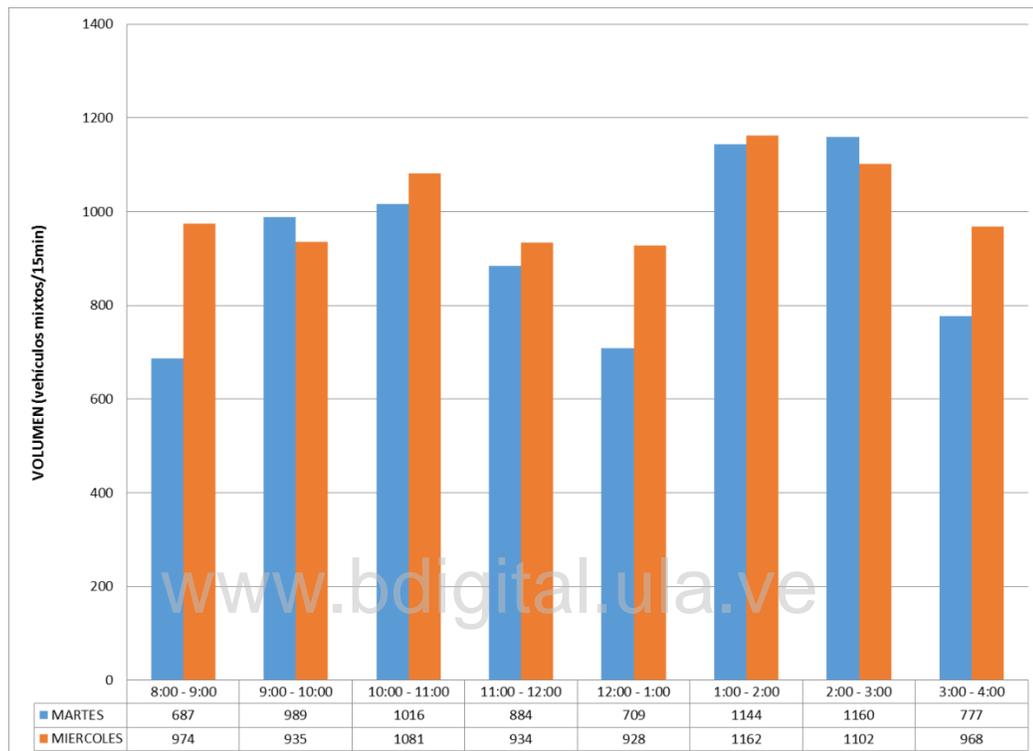


**Figura N° 4.5** Variaciones del volumen de vehículos pesados sentido Colombia – Venezuela en Puente Francisco de Paula Santander.



**Figura N° 4.6** Variaciones del volumen de vehículos pesados sentido Venezuela – Colombia en Puente Francisco de Paula Santander.

En la figura N° 4.7 se representan los volúmenes de tráfico en ambos sentidos los días de medición, en general arroja una misma tendencia en el comportamiento del tráfico a lo largo del día, con un incremento apreciable de los volúmenes el día miércoles.



**Figura N° 4.7** Variación del volumen de tránsito mixtos ambos sentidos en Puente Francisco de Paula Santander. Ureña Estado Táchira.

En la tabla N° 4.5 se muestra la distribución direccional del tráfico, dando como resultado global 49/51 VEN-COL/COL-VEN.

**Tabla N° 4.5** Distribución Direccional del Tráfico Puente Internacional Francisco de Paula Santander.

DISTRIBUCION DIRECCIONAL			
SENTIDO	MARTES	MIERCOLES	PROMEDIO
FD <sub>VEN-COL</sub>	53%	44%	49%
FD <sub>COL-VEN</sub>	47%	56%	51%

✓ **Estimación del PDT**

Según Corredor (2004)<sup>16</sup> se pueden realizar estimaciones del PDT en función de la tabla 4.6; para un lapso de medición de 8 horas se determinaron valores de PDT por día de medición y por sentido de tráfico, seleccionando los valores máximos. También se estimó el PDT empleando el volumen de la hora de máxima demanda (Volumen de la hora pico).

**Tabla Nº 4.6** Estimaciones del PDT en función del conteo horario.

	<b>Total de conteo durante el lapso</b>	<b>Horas continuas del conteo</b>	<b>Factor de medición</b>
<b>PDT= (total del conteo)/(factor de medición)</b>	7:00 am – 7:00 pm	12	0.754
	8:00 am – 4:00 pm	8	0.504
	1 hora (hora pico)	1	0.083

FUENTE: Corredor, G. (2004) "Apuntes de Pavimentos" Volumen I. Tabla 5, p. 2-12.

Para realizar la validación de los factores de medición proporcionados por Corredor (2004)<sup>16</sup>, se analizaron datos de volúmenes obtenidos en un estudio de tráfico realizado por Network Traffic de Venezuela S.A. (2006)<sup>17</sup> sobre la Troncal T001 (sector Palo Grande). Las mediciones fueron realizadas desde el 13/06/2006 hasta 19/06/2006, con datos de volúmenes las 24 horas del día.

Como la data del estudio es amplia, se pudieron seleccionar las mediciones de los días martes 13/06/2006 y miércoles 14/06/2006, para que correspondan con los días en que se realizaron las mediciones en los puentes internacionales (ver tablas 4.7 y 4.8).

Se considera válida la comparación del modelo de Corredor (2004)<sup>16</sup> con el estudio de Network Traffic de Venezuela C.A. (2006)<sup>17</sup>, dado que será aplicado en una zona con un comportamiento similar del tráfico, que es dentro del Estado Táchira. Además para la determinación del factor de medición (FM) se tomarán en cuenta 8 horas de medición comprendidas entre las 8am – 4pm, al igual que las mediciones realizadas en los puentes internacionales y la carretera San Antonio - Ureña.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Tabla Nº 4.7 Volúmenes vehiculares en Troncal T001 Sector Palo Grande. Día martes 13/06/2006.

NETWORK TRAFFIC DE VENEZUELA C.A.													
ESTUDIO DE TRAFICO													
VIA:	TRONCAL 1: LA FRIA - SAN CRISTOBAL												
SENTIDO:	LA FRIA - SAN CRISTOBAL			NUMERO DE CANALES POR SENTIDO:		1		CANALES TOTALES:					1
LAPSO:	13/06/2006		AL	19/06/2006									
EQUIPO:	ADR-P-WIM 3010												
SENSORES:	PIEZOELECTRICOS CLASE I					DETECTORES:		MAGNETICOS					
ESTUDIO:	[ ] (LAZO - PIEZO - LAZO)												
DIA	MARTES												
FECHA	HORA		C L A S E S										Totales
	DESDE	HASTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
			Autos	Busetas	Autobus	2 ejes c. livianos	2 ejes c. pesados	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 + ejes		
13-jun-06	0	1	23	1	9	8	7	2	1	1	0	52	
13-jun-06	1	2	12	1	2	5	5	1	2	1	0	29	
13-jun-06	2	3	12	2	1	4	4	1	0	0	2	26	
13-jun-06	3	4	17	1	5	5	7	1	0	2	1	39	
13-jun-06	4	5	42	3	11	5	6	2	1	1	1	72	
13-jun-06	5	6	73	4	16	10	10	1	3	1	2	120	
13-jun-06	6	7	180	11	22	17	22	3	1	3	3	262	
13-jun-06	7	8	378	4	18	20	21	4	1	3	3	452	
13-jun-06	8	9	366	7	12	22	25	2	1	4	2	441	
13-jun-06	9	10	324	6	8	33	23	4	3	2	3	406	
13-jun-06	10	11	312	12	12	31	32	3	4	6	5	417	
13-jun-06	11	12	299	13	12	29	30	1	3	3	2	392	
13-jun-06	12	13	277	8	3	15	22	3	5	5	5	343	
13-jun-06	13	14	303	5	9	13	24	4	3	4	6	371	
13-jun-06	14	15	281	11	6	25	27	2	3	5	8	368	
13-jun-06	15	16	272	6	9	24	22	5	3	3	3	347	
13-jun-06	16	17	370	7	9	23	18	5	2	6	7	447	
13-jun-06	17	18	342	5	7	24	17	0	2	3	5	405	
13-jun-06	18	19	376	14	14	13	19	4	3	5	5	453	
13-jun-06	19	20	236	9	15	17	22	4	2	4	3	312	
13-jun-06	20	21	154	5	11	14	12	4	4	3	4	211	
13-jun-06	21	22	117	1	11	17	9	3	1	2	4	165	
13-jun-06	22	23	73	1	13	8	11	4	1	1	1	113	
13-jun-06	23	0	54	2	5	8	5	2	2	2	2	82	
<b>TOTALES</b>			<b>4,893</b>	<b>139</b>	<b>240</b>	<b>390</b>	<b>400</b>	<b>64</b>	<b>52</b>	<b>70</b>	<b>77</b>	<b>6,325</b>	

Tabla Nº 4.8 Volúmenes vehiculares en Troncal T001 Sector Palo Grande. Día miércoles 14/06/2006.

NETWORK TRAFFIC DE VENEZUELA C.A.													
ESTUDIO DE TRAFICO													
VIA:	TRONCAL 1: LA FRIA - SAN CRISTOBAL												
SENTIDO:	LA FRIA - SAN CRISTOBAL			NUMERO DE CANALES POR SENTIDO:		1		CANALES TOTALES:					1
LAPSO:	13/06/2007		AL	19/06/2007									
EQUIPO:	ADR-P-WIM 3010												
SENSORES:	PIEZOELECTRICOS CLASE I						DETECTORES:						MAGNETICOS
ESTUDIO:	[ ] [ ] (LAZO - PIEZO - LAZO)												
DIA:	MIERCOLES												
FECHA	HORA		C L A S E S									Totales	
	DESDE	HASTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
			Autos	Busetas	Autobus	2 ejes c. livianos	2 ejes c. pesados	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 + ejes		
14-jun-06	0	1	27	3	9	7	6	1	0	1	0	54	
14-jun-06	1	2	17	1	2	4	5	0	1	1	0	31	
14-jun-06	2	3	12	1	1	9	7	3	0	1	2	36	
14-jun-06	3	4	21	2	7	8	7	1	1	0	0	47	
14-jun-06	4	5	42	2	12	5	7	1	1	1	1	72	
14-jun-06	5	6	69	5	14	10	10	2	1	3	2	116	
14-jun-06	6	7	188	10	24	13	21	5	1	3	3	268	
14-jun-06	7	8	402	4	21	15	20	3	2	4	6	477	
14-jun-06	8	9	384	7	15	17	22	6	1	3	3	458	
14-jun-06	9	10	346	5	11	26	22	5	2	3	5	425	
14-jun-06	10	11	331	14	12	20	35	4	7	5	4	432	
14-jun-06	11	12	312	16	10	23	32	5	4	3	4	409	
14-jun-06	12	13	287	9	4	14	24	2	5	4	4	353	
14-jun-06	13	14	301	6	7	12	25	5	3	4	5	368	
14-jun-06	14	15	302	12	6	19	30	4	5	5	6	389	
14-jun-06	15	16	305	8	9	23	30	7	4	5	4	395	
14-jun-06	16	17	369	8	10	18	22	4	4	5	6	446	
14-jun-06	17	18	368	7	6	16	19	3	2	3	5	429	
14-jun-06	18	19	402	14	17	10	22	7	3	6	5	486	
14-jun-06	19	20	258	10	15	13	26	5	3	3	5	338	
14-jun-06	20	21	170	8	10	13	16	6	2	4	4	233	
14-jun-06	21	22	124	1	12	14	10	2	1	2	3	169	
14-jun-06	22	23	73	0	14	8	9	3	0	2	2	111	
14-jun-06	23	0	56	1	7	8	6	2	1	2	1	84	
<b>TOTALES</b>			<b>5,166</b>	<b>154</b>	<b>255</b>	<b>325</b>	<b>433</b>	<b>86</b>	<b>54</b>	<b>73</b>	<b>80</b>	<b>6,626</b>	

De la data de volúmenes de la Troncal T001, se obtuvieron los factores de medición para conteos de 8 horas continuas, según se muestra en la tabla 4.9.

**Tabla N° 4.9** Factor de medición para calibración obtenido de registros de volúmenes vehiculares en Troncal T001 Sector Palo Grande.

Día	8 horas	PDT	FM
<b>Martes</b>	3085	6,325	<b>0.488</b>
<b>Miércoles</b>	3229	6,626	<b>0.487</b>

Estableciendo una comparación de los valores obtenidos en la tabla 4.8, con los sugeridos por Corredor (2004)<sup>16</sup> para la estimación del PDT, se pueden considerar aceptables y válidos para el presente estudio. Por lo tanto se usará como referencia la tabla 4.6 para la estimación del PDT de los Puentes Internacionales Francisco de Paula Santander, Simón Bolívar y la carretera San Antonio - Ureña.

A partir de la tabla N° 4.6, se determinan los valores que corresponden al PDT en ambos sentidos y por sentido. En la tabla N° 4.10 se muestran las estimaciones hechas de PDT, para las 8 horas de medición y la hora pico.

**Tabla N° 4.10** Estimación del PDT Puente Internacional Francisco de Paula Santander.

PDT PARA TIEMPO TOTAL DE CONTEO 8 horas					
COL-VEN		VEN-COL		AMBOS SENTIDOS	
PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles
6903	7105	7712	8935	14615	16040
MAX		MAX		MAX	
7105		8935		16040	
PDT DETERMINADO EN LA HORA PICO					
COL-VEN		VEN-COL		AMBOS SENTIDOS	
PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles
5723	5940	8711	8663	14434	14602
MAX		MAX		MAX	
5940		8711		14602	

En la tabla 4.11 se muestran los valores correspondientes al PDT en el Puente Internacional Francisco de Paula Santander.

**Tabla N° 4.11** PDT Puente Internacional Francisco de Paula Santander.

<b>PDT (veh/día) ESTIMADO</b>		
<b>COLOMBIA- VENEZUELA</b>	<b>VENEZUELA- COLOMBIA</b>	<b>AMBOS SENTIDOS</b>
7105	8935	16040

Se estima que por el Puente Internacional Francisco de Paula Santander circulan a diario alrededor de 16,040veh/día.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## 4.2 Puente Internacional Simón Bolívar San Antonio Estado Táchira.

Seguidamente se presentan en la tabla 4.12 y 4.13 los volúmenes medidos en intervalos de 15 minutos, en el Puente Internacional Simón Bolívar.

**Tabla N° 4.12** Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Sentido Colombia – Venezuela.

DÍA: 16/09/2014					DÍA: 17/09/2014				
HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN	HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN
08:00 - 08:15	119	2	5	126	08:00 - 08:15	115	3	6	124
08:15 - 08:30	127	3	5	135	08:15 - 08:30	136	4	9	149
08:30 - 08:45	114	3	6	123	08:30 - 08:45	120	2	7	129
08:45 - 09:00	128	3	5	136	08:45 - 09:00	106	4	5	115
09:00 - 09:15	125	7	11	143	09:00 - 09:15	129	2	12	143
09:15 - 09:30	109	2	6	117	09:15 - 09:30	114	5	8	127
09:30 - 09:45	114	4	5	123	09:30 - 09:45	119	4	7	130
09:45 - 10:00	137	1	5	143	09:45 - 10:00	75	1	2	78
10:00 - 10:15	166	3	4	173	10:00 - 10:15	121	3	8	132
10:15 - 10:30	105	5	0	110	10:15 - 10:30	105	2	1	108
10:30 - 10:45	91	2	4	97	10:30 - 10:45	99	1	5	105
10:45 - 11:00	145	3	9	157	10:45 - 11:00	104	1	6	111
11:00 - 11:15	126	5	6	137	11:00 - 11:15	108	7	5	120
11:15 - 11:30	118	3	1	122	11:15 - 11:30	100	3	6	109
11:30 - 11:45	85	2	8	95	11:30 - 11:45	89	2	8	99
11:45 - 12:00	90	2	6	98	11:45 - 12:00	89	1	7	97
12:00 - 12:15	84	3	4	91	12:00 - 12:15	81	5	2	88
12:15 - 12:30	77	3	6	86	12:15 - 12:30	101	4	2	107
12:30 - 12:45	79	2	4	85	12:30 - 12:45	95	2	5	102
12:45 - 1:00	89	1	3	93	12:45 - 1:00	86	2	3	91
1:00 - 1:15	85	3	3	91	1:00 - 1:15	79	1	3	83
1:15 - 1:30	101	3	7	111	1:15 - 1:30	103	3	3	109
1:30 - 1:45	104	3	1	108	1:30 - 1:45	100	4	3	107
1:45 - 2:00	75	2	3	80	1:45 - 2:00	111	3	2	116
2:00 - 2:15	98	2	3	103	2:00 - 2:15	95	2	7	104
2:15 - 2:30	103	1	4	108	2:15 - 2:30	98	2	5	105
2:30 - 2:45	85	2	6	93	2:30 - 2:45	85	2	2	89
2:45 - 3:00	100	3	5	108	2:45 - 3:00	95	2	9	106
3:00 - 3:15	108	1	7	116	3:00 - 3:15	106	2	14	122
3:15 - 3:30	94	4	7	105	3:15 - 3:30	107	4	10	121
3:30 - 3:45	88	2	7	97	3:30 - 3:45	104	2	3	109
3:45 - 4:00	63	2	5	70	3:45 - 4:00	74	2	3	79
<b>TOTALES</b>	<b>3332</b>	<b>87</b>	<b>161</b>	<b>3580</b>	<b>TOTALES</b>	<b>3249</b>	<b>87</b>	<b>178</b>	<b>3514</b>

En función de los conteos realizados en intervalos de 15 minutos en el Puente Internacional Simón Bolívar sentido Colombia Venezuela, la hora de

máxima demanda el día martes se ubicó entre las 09:15am – 10:15am con un volumen máximo de 556 veh/h; el día miércoles la hora de máxima demanda fue de 08:15pm – 09:15pm con un volumen máximo de 536 veh/h (ver en tabla N° 4.14 los Indicadores de Tráfico).

**Tabla N° 4.13** Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Sentido Venezuela – Colombia.

DÍA: 16/09/2014					DÍA: 17/09/2014				
HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN	HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN
08:00 - 08:15	72	3	3	78	08:00 - 08:15	96	2	5	103
08:15 - 08:30	53	3	1	57	08:15 - 08:30	88	0	9	97
08:30 - 08:45	117	6	2	125	08:30 - 08:45	91	2	2	95
08:45 - 09:00	69	3	2	74	08:45 - 09:00	58	1	6	65
09:00 - 09:15	61	2	0	63	09:00 - 09:15	74	7	2	83
09:15 - 09:30	90	2	1	93	09:15 - 09:30	68	2	2	72
09:30 - 09:45	99	2	0	101	09:30 - 09:45	47	4	1	52
09:45 - 10:00	57	2	3	62	09:45 - 10:00	50	4	2	56
10:00 - 10:15	76	4	3	83	10:00 - 10:15	60	1	9	70
10:15 - 10:30	73	3	3	79	10:15 - 10:30	67	2	4	73
10:30 - 10:45	61	2	1	64	10:30 - 10:45	65	1	5	71
10:45 - 11:00	64	3	4	71	10:45 - 11:00	85	5	2	92
11:00 - 11:15	45	1	0	46	11:00 - 11:15	90	2	1	93
11:15 - 11:30	55	3	1	59	11:15 - 11:30	77	1	2	80
11:30 - 11:45	52	0	4	56	11:30 - 11:45	89	5	1	95
11:45 - 12:00	47	3	1	51	11:45 - 12:00	62	1	7	70
12:00 - 12:15	42	4	1	47	12:00 - 12:15	85	3	0	88
12:15 - 12:30	52	0	0	52	12:15 - 12:30	66	2	1	69
12:30 - 12:45	65	1	1	67	12:30 - 12:45	46	0	2	48
12:45 - 1:00	91	5	2	98	12:45 - 1:00	80	0	2	82
1:00 - 1:15	89	2	0	91	1:00 - 1:15	66	2	5	73
1:15 - 1:30	99	5	1	105	1:15 - 1:30	89	1	5	95
1:30 - 1:45	69	0	2	71	1:30 - 1:45	90	6	4	100
1:45 - 2:00	58	3	3	64	1:45 - 2:00	88	3	2	93
2:00 - 2:15	107	1	4	112	2:00 - 2:15	55	2	5	62
2:15 - 2:30	71	3	1	75	2:15 - 2:30	61	2	6	69
2:30 - 2:45	72	6	4	82	2:30 - 2:45	69	2	4	75
2:45 - 3:00	68	5	3	76	2:45 - 3:00	67	3	3	73
3:00 - 3:15	67	1	1	69	3:00 - 3:15	65	2	1	68
3:15 - 3:30	51	3	0	54	3:15 - 3:30	64	1	2	67
3:30 - 3:45	45	0	4	49	3:30 - 3:45	88	5	1	94
3:45 - 4:00	84	1	1	86	3:45 - 4:00	68	1	3	72
<b>TOTALES</b>	<b>2221</b>	<b>82</b>	<b>57</b>	<b>2360</b>	<b>TOTALES</b>	<b>2314</b>	<b>75</b>	<b>106</b>	<b>2495</b>

En función de los conteos realizados en intervalos de 15 minutos en el Puente Internacional Simón Bolívar sentido Venezuela – Colombia, la hora de máxima demanda el día martes se ubicó entre las 12:45pm – 01:45pm

con un volumen máximo de 365 veh/h como se puede apreciar en la tabla 4.10; el día miércoles la hora de máxima demanda fue de 01:00pm – 2:00pm con un volumen máximo de 361 veh/h (ver en tabla N° 4.15 los Indicadores de Tráfico).

**Tabla N° 4.14** Indicadores de Tráfico. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Sentido Colombia - Venezuela.

DIA	VOLUMEN MAXIMO	RATA HORARIA	FHP	%VP	%VP <sub>GLOBAL</sub>
MARTES	556	692	0.80	7	7
MIERCOLES	536	596	0.90	8	

**Tabla N° 4.15** Indicadores de Tráfico. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Sentido Venezuela – Colombia.

SENTIDO VENEZUELA - COLOMBIA					
DIA	VOLUMEN MAXIMO	RATA HORARIA	FHP	%VP	%VP <sub>GLOBAL</sub>
MARTES	365	420	0.87	6	7
MIERCOLES	361	400	0.90	7	

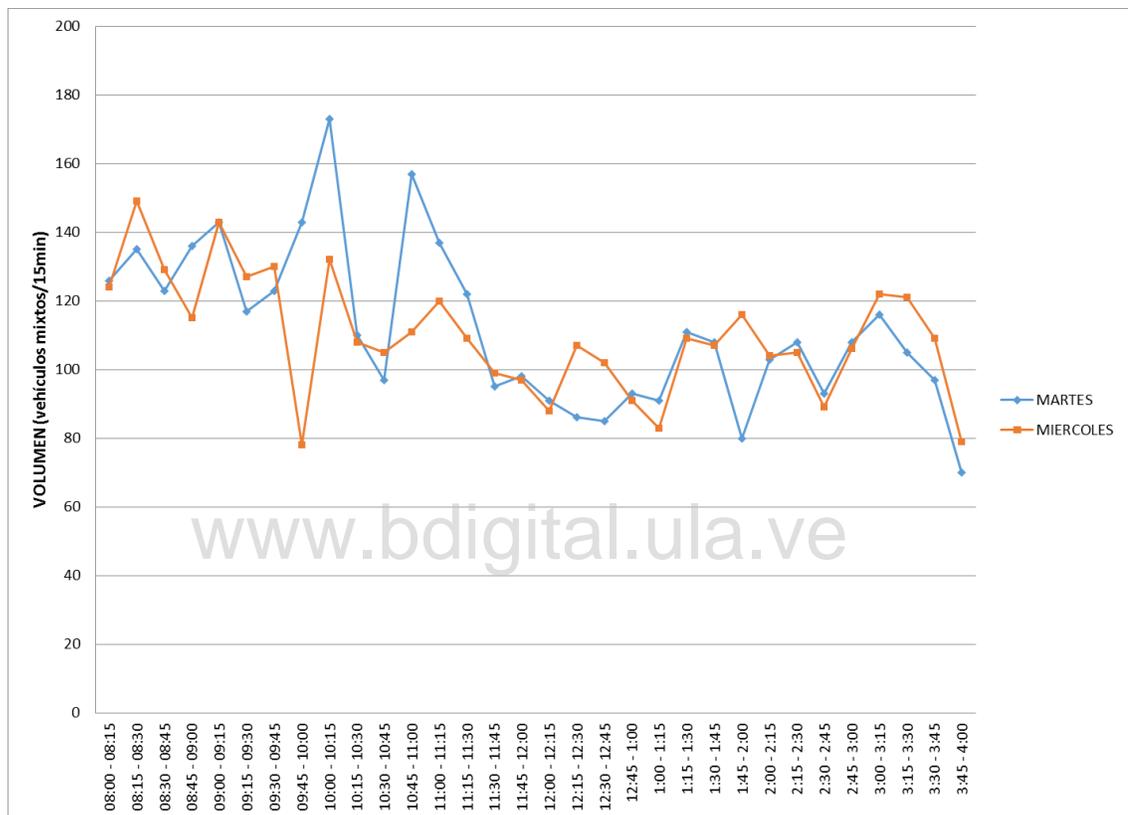
Al determinar los indicadores de tráfico mostrados en la tabla N° 4.11 y N° 4.12, se puede observar que el factor hora pico se encuentra entre el 0.80 – 0.90, lo cual indica que el tráfico está distribuido de manera uniforme a lo largo de la hora de máxima demanda. El volumen de vehículos en la hora pico es superior en sentido Colombia – Venezuela.

Los datos tomados en campo dan como resultado que el porcentaje de vehículos pesados en el Puente Internacional Simón Bolívar en ambos sentidos es del 7%.

✓ **Porcentaje de Vehículos Pesados ambos sentidos**

**%VP<sub>As</sub> = 7%** en Puente Internacional Simón Bolívar

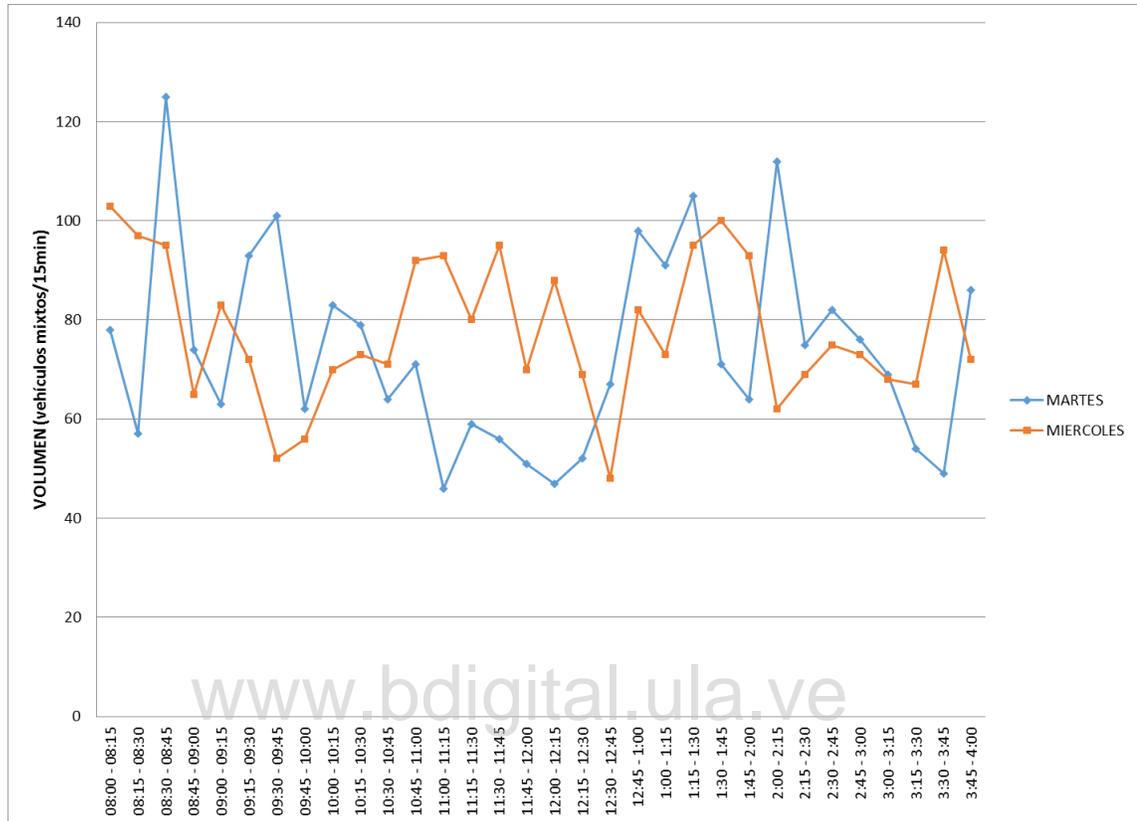
En la figura N° 4.8 se representa la variación de los volúmenes de tránsito mixto a lo largo de las ocho horas de medición los días martes y miércoles en Puente Internacional Simón Bolívar sentido Colombia - Venezuela; se aprecia una misma tendencia del tráfico en los dos días, excepto por algunos picos del día martes entre las 9:45am – 11:30am.



**Figura N° 4.8** Variación del volumen de tránsito mixto sentido Colombia – Venezuela. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira.

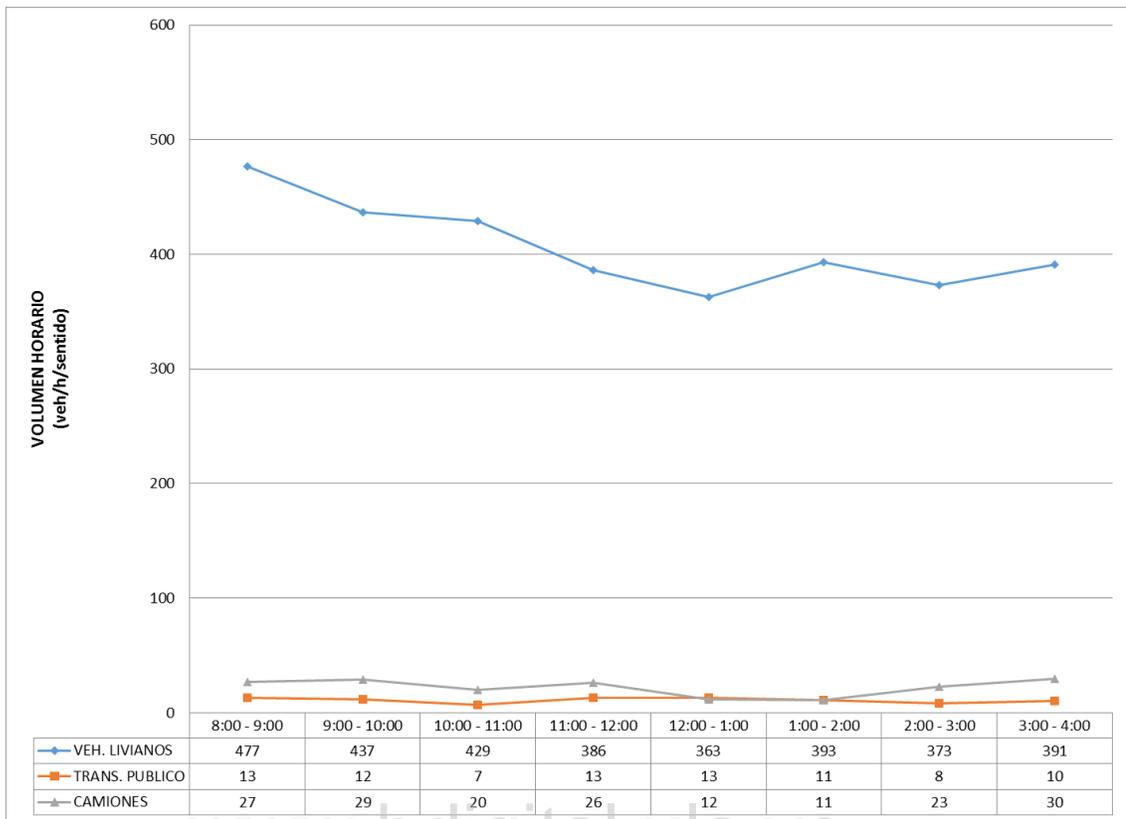
En la figura N° 4.9 sentido Venezuela - Colombia, se observa un comportamiento del tráfico en el que difieren notablemente los resultados del día martes con el miércoles. En este sentido el comportamiento es causado porque no existe un flujo de vehículos continuo debido a los controles que ejercen la guardia nacional y el ejército sobre los vehículos, por tanto la

continuidad del flujo está condicionada por el tiempo que demoren la revisión de los vehículos por parte de la fuerza armada de Venezuela.



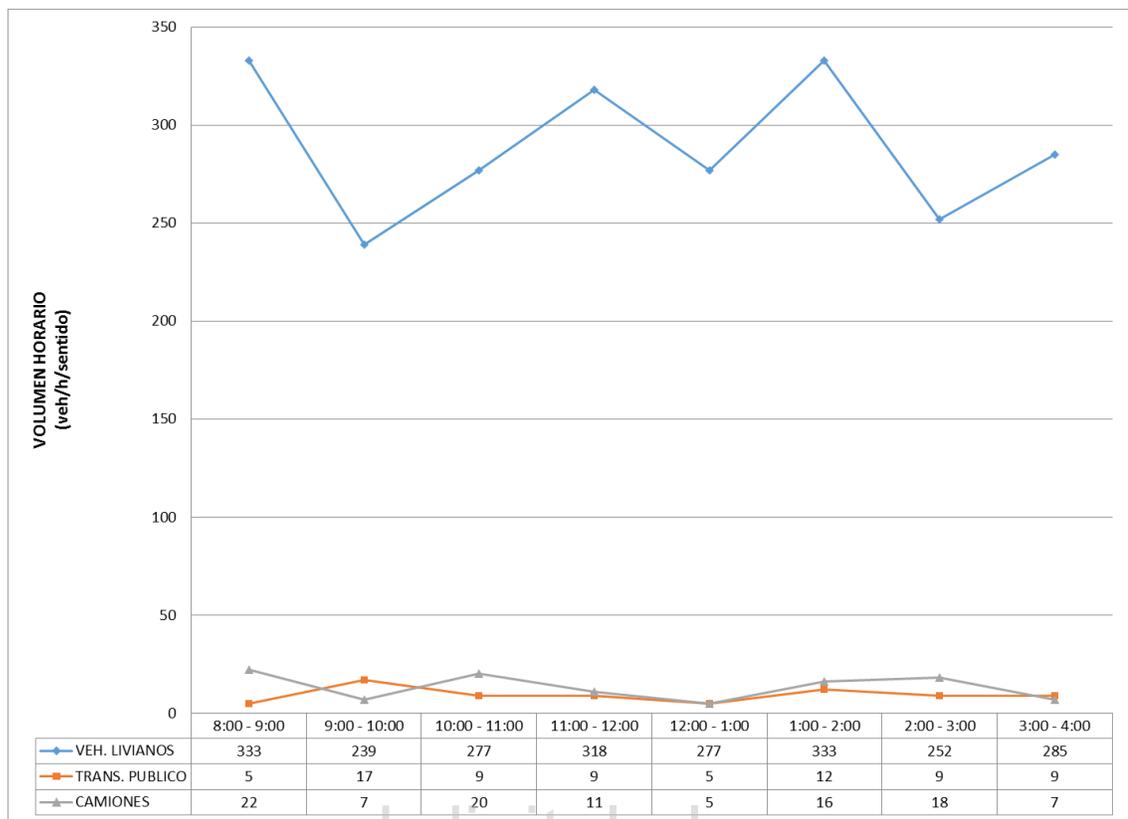
**Figura N° 4.9** Variación del volumen de tránsito mixto sentido Venezuela – Colombia. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira.

En la figura N° 4.10 se representa la composición del tráfico en el Puente Internacional Simón Bolívar sentido Colombia – Venezuela, se aprecia una distribución uniforme del transporte público a lo largo del día, igual es el caso de los camiones. La distribución de los vehículos livianos es variable en el día, notándose un incremento en los volúmenes a primeras horas de la mañana, el cual disminuye a medida que avanza el día.



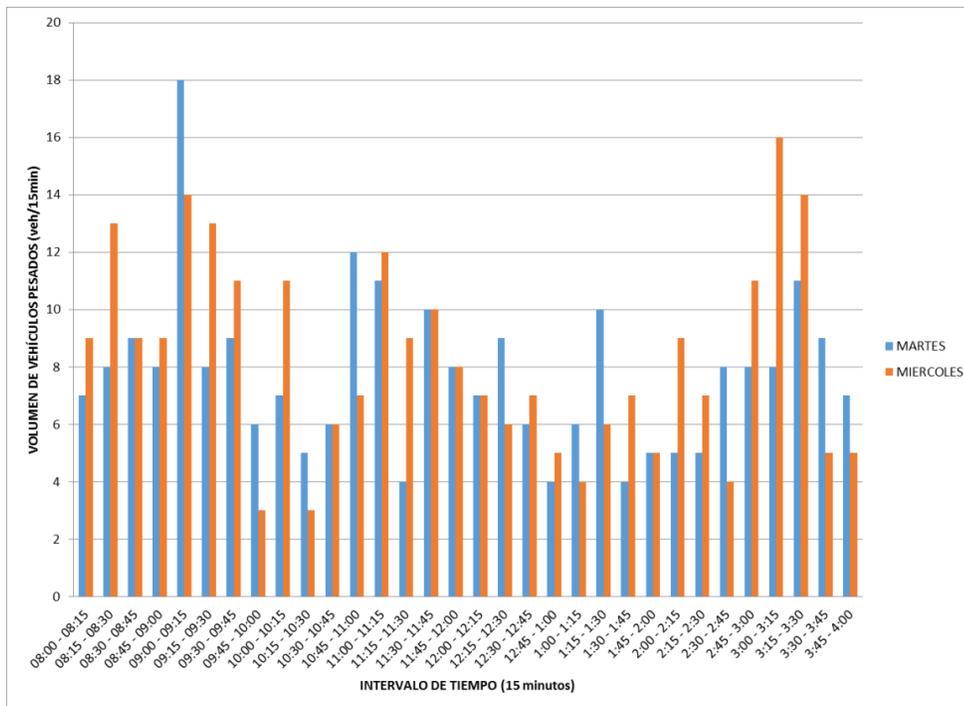
**Figura Nº 4.10** Variación horaria del volumen de tránsito y composición vehicular sentido Colombia – Venezuela. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Datos día miércoles.

En la figura Nº 4.11 se representa la composición del tráfico en el Puente Internacional Simón Bolívar sentido Venezuela – Colombia, se aprecia una distribución variable del transporte público y de los camiones a lo largo del día, al igual que los vehículos livianos. Este comportamiento es debido a las restricciones ya mencionadas; a diferencia del sentido de circulación Colombia – Venezuela que tuvo una tendencia a disminuir el tráfico a lo largo del día.

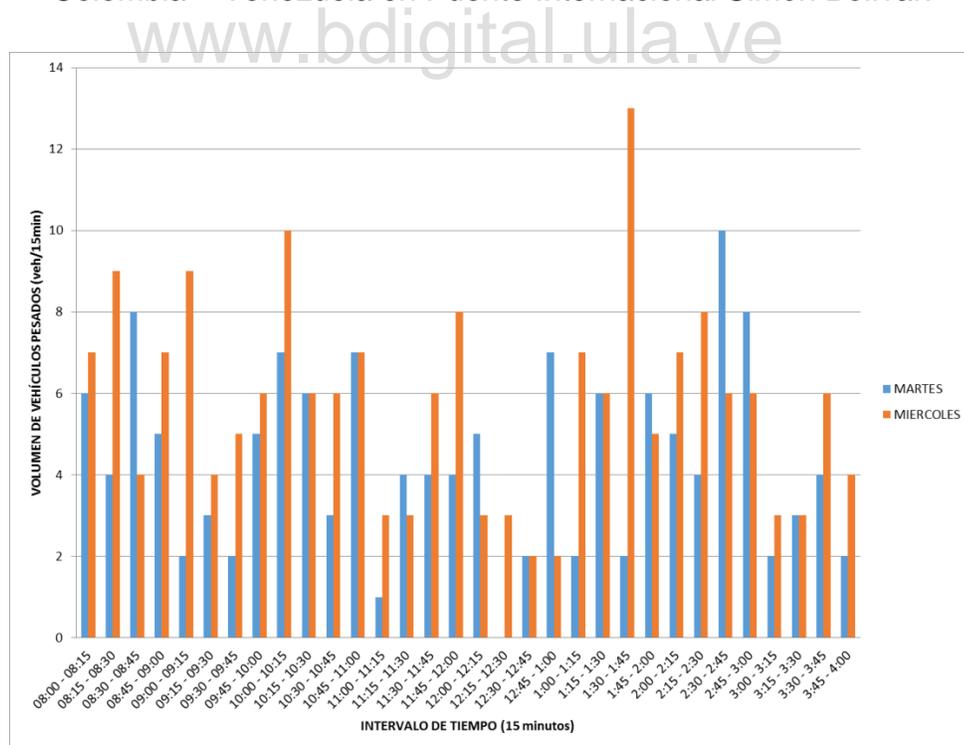


**Figura Nº 4.11** Variación horaria del volumen de tránsito y composición vehicular sentido Venezuela – Colombia. Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira. Datos día miércoles.

En las figuras Nº 4.12 y Nº 4.13 se representan los volúmenes en intervalos de 15 min de los vehículos pesados (transporte público y camiones) sentido Colombia – Venezuela y sentido Venezuela – Colombia respectivamente. Se observa que hay más volumen de vehículos pesados entrando a Venezuela que entrando a Colombia. Se aprecia más uniformidad de los volúmenes en el sentido Colombia - Venezuela (excepto por algunos picos que se presentan).

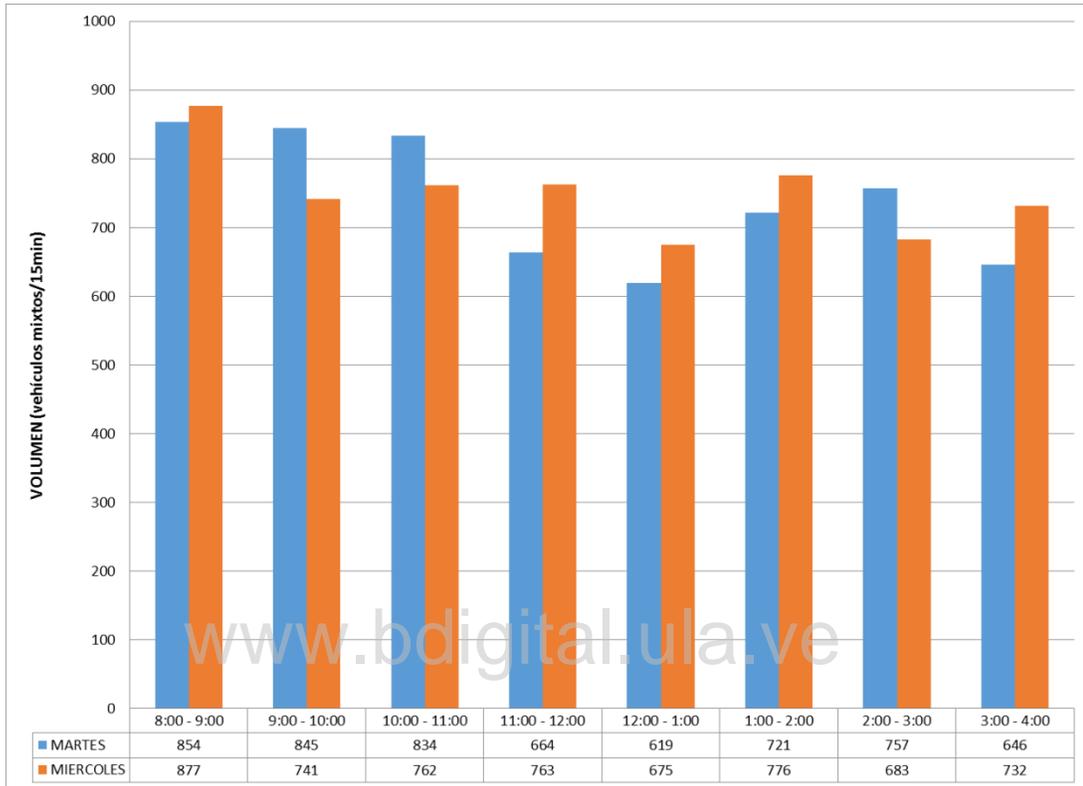


**Figura N° 4.12** Variaciones del volumen de vehículos pesados sentido Colombia – Venezuela en Puente Internacional Simón Bolívar.



**Figura N° 4.13** Variaciones del volumen de vehículos pesados sentido Venezuela – Colombia en Puente Internacional Simón Bolívar.

En la figura N° 4.14 se representan los volúmenes de tráfico en ambos sentidos los días de medición, presentando pequeñas variaciones a lo largo del día, pero con volúmenes muy similares de manera global.



**Figura N° 4.14** Variación del volumen de tránsito mixtos ambos sentidos en Puente Internacional Simón Bolívar. San Antonio Estado Táchira.

En la tabla N° 4.16 se muestra la distribución direccional del tráfico, dando como resultado global 41/59 VEN-COL/COL-VEN.

**Tabla N° 4.16** Distribución Direccional del Tráfico Puente Internacional Simón Bolívar.

DISTRIBUCION DIRECCIONAL			
SENTIDO	MARTES	MIERCOLES	PROMEDIO
FD <sub>VEN-COL</sub>	40%	42%	41%
FD <sub>COL-VEN</sub>	60%	58%	59%

✓ **Estimación del PDT**

De acuerdo a la tabla N° 4.6 de estimaciones del PDT, para un lapso de medición de 8 horas se determinaron valores de PDT por día de medición y por sentido de tráfico, seleccionando los valores máximos. También se estimó el PDT empleando el volumen de la hora de máxima demanda (Volumen de la hora pico), ver tabla N° 4.17.

**Tabla N° 4.17** Estimación del PDT Puente Internacional Simón Bolívar.

<b>PDT PARA TIEMPO TOTAL DE CONTEO 8 horas</b>					
<b>COL-VEN</b>		<b>VEN-COL</b>		<b>AMBOS SENTIDOS</b>	
PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles
7103	6972	4683	4950	11786	11923
MAX		MAX		MAX	
7103		4950		11923	
<b>PDT DETERMINADO EN LA HORA PICO</b>					
<b>COL-VEN</b>		<b>VEN-COL</b>		<b>AMBOS SENTIDOS</b>	
PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles
6699	6458	4398	4349	11096	10807
MAX		MAX		MAX	
6699		4349		11096	

En base a los resultados obtenidos se tomará como definitivo, la estimación de PDT para un tiempo total de conteo de 8 horas, según se muestra en la tabla 4.18.

**Tabla N° 4.18** PDT Puente Internacional Simón Bolívar.

<b>PDT ESTIMADO</b>		
<b>COLOMBIA-VENEZUELA</b>	<b>VENEZUELA-COLOMBIA</b>	<b>AMBOS SENTIDOS</b>
7103	4950	11923

Se estima que por el Puente Internacional Simón Bolívar circulan a diario alrededor de 11,923veh/día.

### 4.3 Carretera San Antonio - Ureña

Seguidamente se presentan en la tabla 4.19 y 4.20 los volúmenes medidos en intervalos de 15 minutos, en la carretera San Antonio – Ureña.

**Tabla Nº 4.19** Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Carretera San Antonio - Ureña Estado Táchira. Sentido San Antonio – Ureña.

DÍA: 16/09/2014					DÍA: 17/09/2014				
HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN	HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN
08:00 - 08:15	51	3	1	55	08:00 - 08:15	54	3	3	60
08:15 - 08:30	50	3	2	55	08:15 - 08:30	63	2	3	68
08:30 - 08:45	48	2	3	53	08:30 - 08:45	58	2	3	63
08:45 - 09:00	51	2	3	56	08:45 - 09:00	64	3	4	71
09:00 - 09:15	53	2	1	56	09:00 - 09:15	59	3	5	67
09:15 - 09:30	54	2	2	58	09:15 - 09:30	61	3	5	69
09:30 - 09:45	53	2	4	59	09:30 - 09:45	61	2	4	67
09:45 - 10:00	58	3	2	63	09:45 - 10:00	50	3	3	56
10:00 - 10:15	77	3	5	85	10:00 - 10:15	63	2	6	71
10:15 - 10:30	78	2	2	82	10:15 - 10:30	52	2	2	56
10:30 - 10:45	40	3	3	46	10:30 - 10:45	53	3	1	57
10:45 - 11:00	66	2	1	69	10:45 - 11:00	40	2	3	45
11:00 - 11:15	56	2	2	60	11:00 - 11:15	51	3	4	58
11:15 - 11:30	48	3	3	54	11:15 - 11:30	46	2	3	51
11:30 - 11:45	38	3	3	44	11:30 - 11:45	52	3	1	56
11:45 - 12:00	39	2	2	43	11:45 - 12:00	46	1	3	50
12:00 - 12:15	39	1	3	43	12:00 - 12:15	51	2	4	57
12:15 - 12:30	40	2	1	43	12:15 - 12:30	47	1	4	52
12:30 - 12:45	42	3	3	48	12:30 - 12:45	44	3	2	49
12:45 - 1:00	46	2	1	49	12:45 - 1:00	43	2	1	46
1:00 - 1:15	41	1	2	44	1:00 - 1:15	42	2	3	47
1:15 - 1:30	53	2	1	56	1:15 - 1:30	45	2	2	49
1:30 - 1:45	48	2	2	52	1:30 - 1:45	47	2	1	50
1:45 - 2:00	38	1	3	42	1:45 - 2:00	38	1	3	42
2:00 - 2:15	57	3	1	61	2:00 - 2:15	36	2	3	41
2:15 - 2:30	57	2	2	61	2:15 - 2:30	48	3	2	53
2:30 - 2:45	40	2	2	44	2:30 - 2:45	44	2	3	49
2:45 - 3:00	45	3	1	49	2:45 - 3:00	40	2	4	46
3:00 - 3:15	46	2	3	51	3:00 - 3:15	49	1	3	53
3:15 - 3:30	47	3	2	52	3:15 - 3:30	46	2	1	49
3:30 - 3:45	42	1	1	44	3:30 - 3:45	38	2	2	42
3:45 - 4:00	27	2	1	30	3:45 - 4:00	43	1	3	47
<b>TOTALES</b>	<b>1568</b>	<b>71</b>	<b>68</b>	<b>1707</b>	<b>TOTALES</b>	<b>1574</b>	<b>69</b>	<b>94</b>	<b>1737</b>

En función de los conteos realizados en intervalos de 15 minutos en la carretera que conecta la ciudad de San Antonio con Ureña sentido San Antonio – Ureña, la hora de máxima demanda el día martes se ubicó entre las 09:30am – 10:30am con un volumen máximo de 289 veh/h; el día miércoles la hora de máxima demanda fue de 08:45pm – 09:45pm con un

volumen máximo de 274 veh/h (ver en tabla N° 4.21 los Indicadores de Tráfico).

**Tabla N° 4.20** Volúmenes medidos en intervalos de 15 min. Carretera San Antonio - Ureña Estado Táchira. Sentido Ureña - San Antonio.

DÍA: 16/09/2014					DÍA: 17/09/2014				
HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN	HORA	VEHICULOS LIVIANOS	TRANSPORTE PUBLICO	CAMIONES	VOLUMEN
08:00 - 08:15	29	3	2	34	08:00 - 08:15	41	2	2	45
08:15 - 08:30	39	2	3	44	08:15 - 08:30	39	2	2	43
08:30 - 08:45	43	3	2	48	08:30 - 08:45	43	3	3	49
08:45 - 09:00	43	2	1	46	08:45 - 09:00	47	3	1	51
09:00 - 09:15	44	2	2	48	09:00 - 09:15	38	3	2	43
09:15 - 09:30	39	3	1	43	09:15 - 09:30	41	2	1	44
09:30 - 09:45	53	2	3	58	09:30 - 09:45	43	3	2	48
09:45 - 10:00	49	1	2	52	09:45 - 10:00	38	2	1	41
10:00 - 10:15	39	2	1	42	10:00 - 10:15	43	2	2	47
10:15 - 10:30	38	1	2	41	10:15 - 10:30	45	2	2	49
10:30 - 10:45	44	2	3	49	10:30 - 10:45	42	3	3	48
10:45 - 11:00	41	1	2	44	10:45 - 11:00	41	2	2	45
11:00 - 11:15	42	2	1	45	11:00 - 11:15	40	2	3	45
11:15 - 11:30	41	2	2	45	11:15 - 11:30	42	2	3	47
11:30 - 11:45	37	1	1	39	11:30 - 11:45	44	2	2	48
11:45 - 12:00	33	1	2	36	11:45 - 12:00	48	3	1	52
12:00 - 12:15	39	2	1	42	12:00 - 12:15	47	2	2	51
12:15 - 12:30	36	1	3	40	12:15 - 12:30	51	1	1	53
12:30 - 12:45	41	2	3	46	12:30 - 12:45	48	2	3	53
12:45 - 1:00	53	3	1	57	12:45 - 1:00	50	2	2	54
1:00 - 1:15	60	3	1	64	1:00 - 1:15	40	2	3	45
1:15 - 1:30	62	2	2	66	1:15 - 1:30	52	2	2	56
1:30 - 1:45	57	2	1	60	1:30 - 1:45	55	3	2	60
1:45 - 2:00	55	3	2	60	1:45 - 2:00	60	1	3	64
2:00 - 2:15	63	2	1	66	2:00 - 2:15	51	2	3	56
2:15 - 2:30	53	2	2	57	2:15 - 2:30	59	2	2	63
2:30 - 2:45	62	3	2	67	2:30 - 2:45	60	3	2	65
2:45 - 3:00	62	3	3	68	2:45 - 3:00	60	3	3	66
3:00 - 3:15	59	2	2	63	3:00 - 3:15	61	2	1	64
3:15 - 3:30	64	1	2	67	3:15 - 3:30	66	2	2	70
3:30 - 3:45	51	1	2	54	3:30 - 3:45	62	3	2	67
3:45 - 4:00	55	2	1	58	3:45 - 4:00	58	4	3	65
<b>TOTALES</b>	<b>1526</b>	<b>64</b>	<b>59</b>	<b>1649</b>	<b>TOTALES</b>	<b>1555</b>	<b>74</b>	<b>68</b>	<b>1697</b>

En función de los conteos realizados en intervalos de 15 minutos en la carretera San Antonio Ureña, sentido Ureña – San Antonio, la hora de máxima demanda el día martes se ubicó entre las 2:30pm – 3:30pm con un volumen máximo de 265veh/h; el día miércoles la hora de máxima demanda fue de 02:45 pm – 3:45pm con un volumen máximo de 267veh/h (ver en tabla N° 4.22 los Indicadores de Tráfico).

**Tabla N° 4.21** Indicadores de Tráfico. Carretera San Antonio Ureña. Sentido San Antonio – Ureña.

SENTIDO SAN ANTONIO - UREÑA					
DIA	VOLUMEN MAXIMO	RATA HORARIA	FHP	%VP	%VP <sub>GLOBAL</sub>
MARTES	289	340	0.85	8	9
MIERCOLES	274	284	0.96	9	

Al determinar los indicadores de tráfico mostrados en la tabla N° 4.18 y N° 4.19, se puede observar que el factor hora pico se encuentra entre el 0.85 – 0.97, lo cual indica que el tráfico está distribuido de manera uniforme a lo largo de la hora de máxima demanda. El volumen de vehículos en la hora pico es superior en sentido San Antonio – Ureña.

**Tabla N° 4.22** Indicadores de Tráfico. Carretera San Antonio Ureña. Sentido Ureña – San Antonio.

SENTIDO UREÑA - SAN ANTONIO					
DIA	VOLUMEN MAXIMO	RATA HORARIA	FHP	%VP	%VP <sub>GLOBAL</sub>
MARTES	265	272	0.97	7	8
MIERCOLES	267	280	0.95	8	

En la tabla N° 4.23 se muestra la distribución direccional del tráfico, dando como resultado global 49/51 U-SA/SA-U.

**Tabla N° 4.23** Distribución Direccional del Tráfico carretera San Antonio – Ureña.

DISTRIBUCION DIRECCIONAL			
SENTIDO	MARTES	MIERCOLES	PROMEDIO
FD <sub>U-SA</sub>	49%	49%	49%
FD <sub>SA-U</sub>	51%	51%	51%

✓ **Estimación del PDT**

De acuerdo a la tabla N° 4.6 de estimaciones del PDT, para un lapso de medición de 8 horas se determinaron valores de PDT por día de medición y por sentido de tráfico, seleccionando los valores máximos. También se estimó el PDT empleando el volumen de la hora de máxima demanda (Volumen de la hora pico), ver tabla N° 4.24.

**Tabla N° 4.24** Estimación del PDT carretera San Antonio – Ureña.

<b>PDT PARA TIEMPO TOTAL DE CONTEO 8 horas</b>					
<b>SA-U</b>		<b>U-SA</b>		<b>AMBOS SENTIDOS</b>	
PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles
3387	3446	3272	3367	6659	6813
MAX		MAX		MAX	
3387		3367		6813	
<b>PDT DETERMINADO EN LA HORA PICO</b>					
<b>SA-U</b>		<b>U-SA</b>		<b>AMBOS SENTIDOS</b>	
PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles	PDTmartes	PDTmiercoles
3482	3301	3193	3217	6675	6518
MAX		MAX		MAX	
3482		3217		6675	

En base a los resultados obtenidos se tomará como definitivo, la estimación de PDT para un tiempo total de conteo de 8 horas, según se muestra en la tabla 4.25.

**Tabla N° 4.25** PDT Carretera San Antonio – Ureña.

<b>PDT ESTIMADO</b>		
<b>SAN ANTONIO - UREÑA</b>	<b>UREÑA - SAN ANTONIO</b>	<b>AMBOS SENTIDOS</b>
3387	3367	6813

Se estima que por la carretera de San Antonio – Ureña circulan a diario alrededor de 6,813veh/día.

## **CAPITULO V. ANALISIS DE CONTEOS VEHICULARES**

### ***5.1 Consideraciones generales***

En el presente capítulo se realizarán los análisis de los resultados que se obtuvieron en las mediciones de tráfico hechas en el Puente Internacional Francisco de Paula Santander, Puente Internacional Simón Bolívar y sobre la carretera San Antonio – Ureña, a partir de los cuales se realizarán estimaciones de volúmenes que serán atraídos por el Puente Binacional Tienditas, y posteriormente se procede a realizar el análisis operacional de la intersección que se genera entre la vialidad de acceso al Puente Binacional y la carretera existente San Antonio-Ureña.

### ***5.2 Análisis de los resultados***

En relación al Puente Internacional Francisco de Paula Santander, se puede decir que se obtuvo una distribución del tráfico uniforme a lo largo de la hora de máxima demanda, con un porcentaje de vehículos pesados alrededor del 17% debido a la circulación de vehículos cargados de carbón que se dirigen hacia San Pedro del Río. Un comportamiento similar se obtuvo en el Puente Internacional Simón Bolívar, en donde el factor hora pico estuvo entre 0.74 – 0.90 durante los dos días de medición, pero con una presencia menor de vehículos pesados del 8%.

En la carretera San Antonio – Ureña igualmente se presentó una distribución uniforme del tráfico en la hora pico, con una presencia de vehículos pesados del 9%.

Para proceder al análisis operacional, se considerarán los resultados obtenidos el día miércoles 17/09/2014, debido a que este día hubo un comportamiento uniforme del tráfico en los tres puntos de medición, y a lo largo de las 8 horas de conteo.

De acuerdo a los resultados obtenidos para el día miércoles, se tiene la tabla 5.1 que muestra los indicadores del tráfico en el Puente Internacional Francisco de Paula Santander, Puente Internacional Simón Bolívar y en la Carretera San Antonio – Ureña, para ser usados en la estimación del tráfico futuro y en el análisis operacional.

**Tabla N° 5.1** Resumen de los Indicadores de Tráfico obtenidos el día miércoles 17/09/2014.

Indicador del Tráfico	Puente Internacional Francisco de Paula Santander		Puente Internacional Simón Bolívar		Carretera San Antonio - Ureña	
	Vzla - Col	Col - Vzla	Vzla - Col	Col - Vzla	SA - U	U - SA
Vmax (15min)	192	125	100	149	71	70
VHP (veh/h)	719	493	361	536	274	267
FHP	0.94	0.99	0.90	0.90	0.96	0.95
FD (%)	44	56	42	58	51	49
%VP	14	17	7	8	9	8
PDT (veh/día)	8935	7105	4950	7103	3387	3367
Factor K	0.08	0.07	0.074	0.075	0.08	0.08
Factor Kprom	0.075		0.075		0.08	
PDT (ambos sentidos)	16040		11923		6813	

### **5.2.1 Estimación del tráfico futuro**

La estimación del tráfico futuro en la frontera colombo – venezolana, puede llegar a ser muy compleja, debido a que se trata de dos comportamientos totalmente diferentes, en cuanto a la economía, crecimiento de la población, desarrollo en infraestructura, crecimiento del parque vehicular, entre otros, por lo que en el presente trabajo se realizan estimaciones sencillas basadas en experiencias de otros estudios.

Según recomendaciones hechas por el Prof. Andueza, P., en función de estudios realizados por él en otras vías del país, una estimación aproximada pudiera ser empleando una tasa de crecimiento entre el 3% y 6%, siendo el primer valor para un crecimiento normal del tráfico que consideraría el tráfico atraído, y el segundo para un crecimiento extraordinario del tráfico que considera el tráfico inducido y el tráfico de desarrollo.

Dicho esto, se determinará el crecimiento del tráfico para un período de 5 años y 20 años, para luego realizar un análisis operacional de la intersección a nivel que se va a generar entre la carretera actual de San Antonio – Ureña y la vía de acceso al Puente Binacional Tienditas.

Como la intersección a nivel es una solución temporal, se realizará la estimación de tráfico futuro a 5 años, para evaluar su comportamiento dentro de este tiempo. A futuro las instituciones competentes tienen prevista la construcción de un distribuidor que conecte la vía de acceso al Puente Binacional Tienditas, con el futuro Eje Integral Fronterizo San Cristóbal – Rubio – San Antonio – Ureña, por lo cual se harán las estimaciones a 20 años, y así demostrar la necesidad de un paso a desnivel en ese tiempo.

#### **✓ Puente Francisco de Paula Santander**

Para la estimación del tráfico se seguirá un procedimiento sencillo, ya que la información del tráfico es poca, solo se cuenta con los conteos realizados, no

se realizaron encuestas origen destino, ni proyecciones de crecimiento a través de modelos matemáticos, ya que no está dentro del alcance del presente trabajo.

Se realizaron los siguientes pasos:

1. De la tabla 5.1 se toma el valor del PDT actual (ambos sentidos), para estimar el crecimiento del tráfico en ambos sentidos.
2. Se calcula el crecimiento del tráfico ambos sentidos para 5 y 20 años, y para tasas de crecimiento del 3% - 6% de acuerdo a lo explicado, empleando la ecuación 2.5.
3. Luego se obtiene el PDT futuro en ambos sentidos, sumando el PDT actual con el crecimiento del tráfico, para 5 - 20 años y tasa de crecimiento de 3 – 6%. En este punto se obtiene la tabla 5.2.

**Tabla 5.2** PDT futuro estimado para 5 y 20 años (ambos sentidos) en Puente Francisco de Paula Santander Ureña Estado Táchira.

<b>PDT futuro (veh/día)</b>		
<b>r</b>	<b>5 años</b>	<b>20 años</b>
3%	18595	28970
6%	21465	51442

4. Una vez obtenidos el PDT futuro y con el factor  $K_{prom}$  de la tabla 5.1, se procede a determinar el volumen horario de proyecto futuro. Para el caso en estudio se tomará como referencia *la tasa de crecimiento del 3% y extrapolación del tráfico a 5 años*, para luego realizar el análisis operacional. De la tabla 5.2 se toma el valor de  $PDT_{5años}$  y resulta un **VHP<sub>5años</sub> = 1395 veh/h** (ambos sentidos).
5. De la tabla 4.5 se obtiene el factor de distribución direccional en el Puente Francisco de Paula Santander, para luego conocer el volumen horario de proyecto futuro por sentido, que para este caso resulta de:

$$\mathbf{VHP_{5AÑOS(VEN-COL)} = 781 \text{ veh/h}}$$

$$\mathbf{VHP_{5AÑOS(COL-VEN)} = 614 \text{ veh/h}}$$

6. Para determinar el volumen máximo de 15 minutos a futuro se emplea la ecuación 2.4, y de la tabla 5.1 se extraen los valores correspondientes al FHP, de este modo se obtiene:

$$\mathbf{v_{5años(VEN-COL)} = 208 \text{ veh/h}}$$

$$\mathbf{v_{5años(COL-VEN)} = 155 \text{ veh/h}}$$

✓ **Puente Simón Bolívar**

Para la estimación del tráfico futuro se realizará el mismo procedimiento explicado anteriormente. En la tabla 5.3 se muestran los resultados de PDT futuro bajo distintas variables.

**Tabla 5.3** PDT futuro estimado para 5 y 20 años (ambos sentidos) en Puente Simón Bolívar San Antonio Estado Táchira.

<b>PDT futuro (veh/día)</b>		
<b>r</b>	<b>5 años</b>	<b>20 años</b>
3%	13822	21534
6%	15956	38239

$$K = 0.075$$

$$VHP_{5años} = 1037 \text{ veh/h (ambos sentidos).}$$

$$VHP_{5AÑOS(VEN-COL)} = 436 \text{ veh/h}$$

$$VHP_{5AÑOS(COL-VEN)} = 601 \text{ veh/h}$$

De este modo, el volumen máximo de 15 minutos a futuro es:

$$\mathbf{v_{5años(VEN-COL)} = 121 \text{ veh/h}}$$

$$\mathbf{v_{5años(COL-VEN)} = 167 \text{ veh/h}}$$

✓ **Carretera San Antonio – Ureña**

Para la estimación del tráfico futuro se realizará el mismo procedimiento explicado anteriormente. En la tabla 5.4 se muestran los resultados de PDT futuro bajo distintas variables.

**Tabla 5.4** PDT futuro estimado para 5 y 20 años (ambos sentidos) en carretera San Antonio – Ureña Estado Táchira.

PDT futuro (veh/día)		
r	5 años	20 años
3%	7898	12305
6%	9117	21850

K= 0.08

$VHP_{5años} = 632$  veh/h (ambos sentidos).

$VHP_{5AÑOS(SA-U)} = 322$  veh/h

$VHP_{5AÑOS(U-SA)} = 310$  veh/h

De este modo, el volumen máximo de 15 minutos a futuro es:

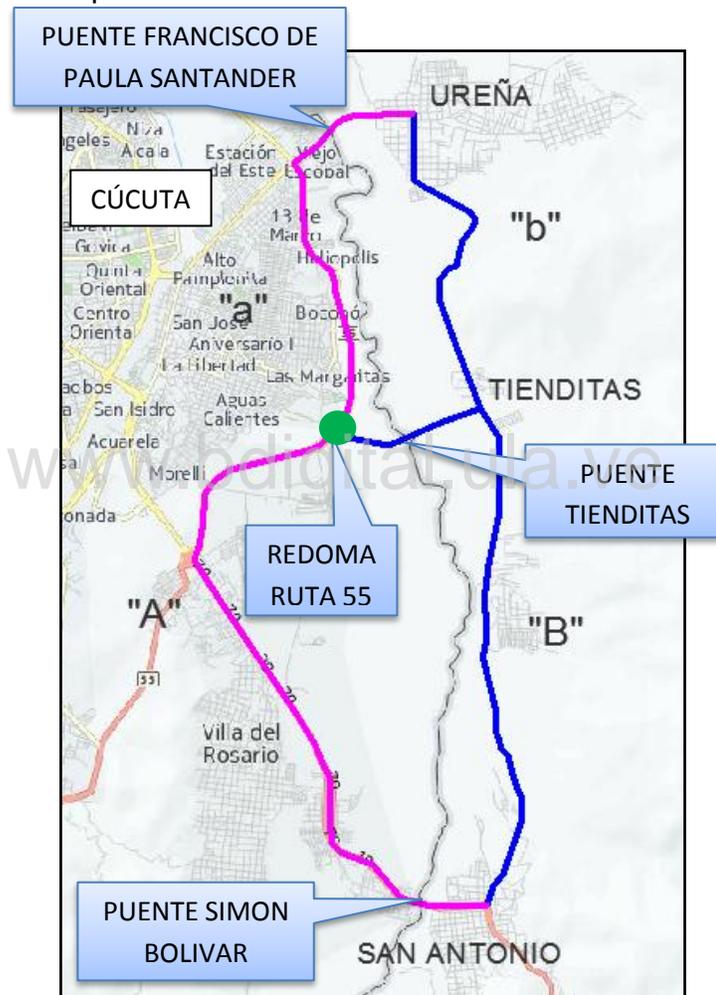
$$v_{5años(SA-U)} = 84 \text{ veh/h}$$

$$v_{5años(U-SA)} = 82 \text{ veh/h}$$

### 5.2.2 Asignación de tráfico “Método Logit”

En el presente trabajo, la asignación del tráfico se realizará empleando un modelo de regresión no lineal, diseñado para variables dependientes binarias y multinomiales, el método Logit. El análisis de la distribución del tráfico será binario, para los dos casos de aplicación, Puente Francisco de Paula Santander y Puente Simón Bolívar.

En la figura 5.1 se presenta una vista general de los casos a los que debe aplicarse el análisis de repartición de tráfico. En el Puente Francisco de Paula Santander, con la puesta en servicio del Puente Binacional Tienditas, ocurrirá una variación del tráfico debido al porcentaje que tomará la nueva vía como opción para acceder al vecino país, y viceversa, generándose de este modo dos opciones "a" y "b" que deberán seleccionar los conductores, en función del tiempo de recorrido de cada una de ellas.



**Figura Nº 5.1** Esquema general de alternativas de ruta en Ureña y San Antonio del Táchira.

El mismo caso ocurre en San Antonio de Táchira, donde los conductores deberán elegir si seguir por el Puente Simón Bolívar, o tomar la carretera San Antonio – Ureña con dirección al Puente Binacional Tienditas.

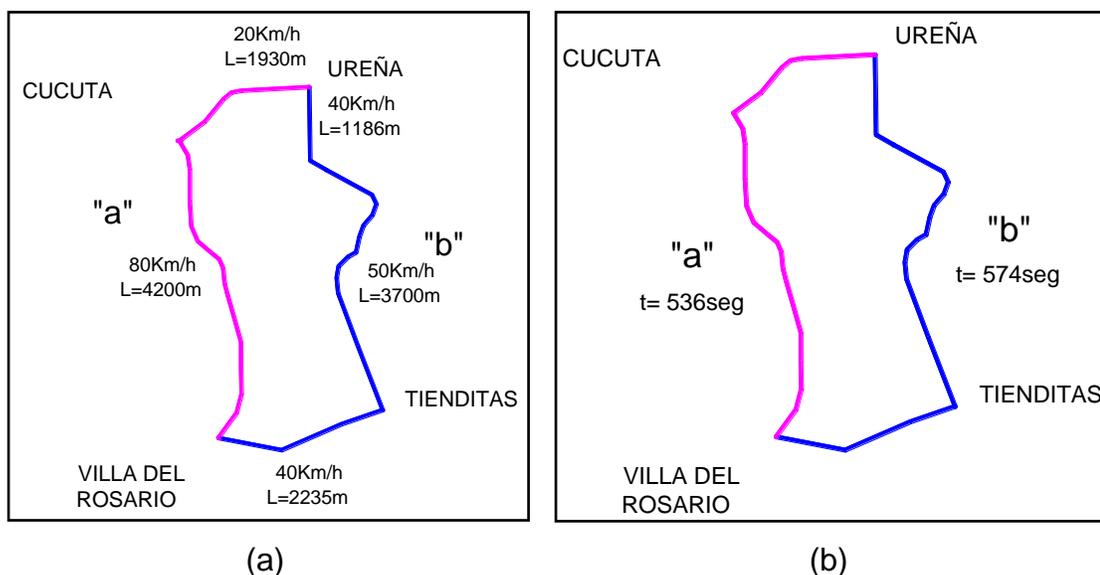
✓ **Puente Francisco de Paula Santander**

En la figura 5.2 se representa el esquema de ubicación de las alternativas que pueden tener los conductores al momento de elegir una ruta determinada entre Ureña y Cúcuta o viceversa. Un punto de conexión común será una redoma sobre la Ruta 55 del lado Colombia, y por el otro lado sobre la avenida principal de Ureña para acceso al Puente Internacional.



**Figura Nº 5.2** Esquema para aplicación del Método Logit en Puente Francisco de Paula Santander.

En la figura 5.3 (a) se presenta la configuración de las alternativas de rutas con los datos correspondiente a longitud y velocidad, a partir del cual se determinarán los tiempos de recorrido, y posteriormente aplicar las ecuaciones del método Logit.



**Figura N° 5.3** Esquemas con la data para aplicación del método Logit.

En la figura 5.3 (b) se muestran los tiempos de recorrido correspondientes a cada ruta "a" y "b", según la longitud y velocidad en las mismas. Para determinar la probabilidad de viajes que seleccionen la ruta "a" se emplea la ecuación 2.8, y se obtiene lo siguiente:

$$P(a) = 0.95$$

Este resultado indica que el 95% del tráfico que circula entre Venezuela y Colombia por el Puente Francisco de Paula Santander, seleccionará la ruta "a" porque es la que brinda menor tiempo de recorrido.

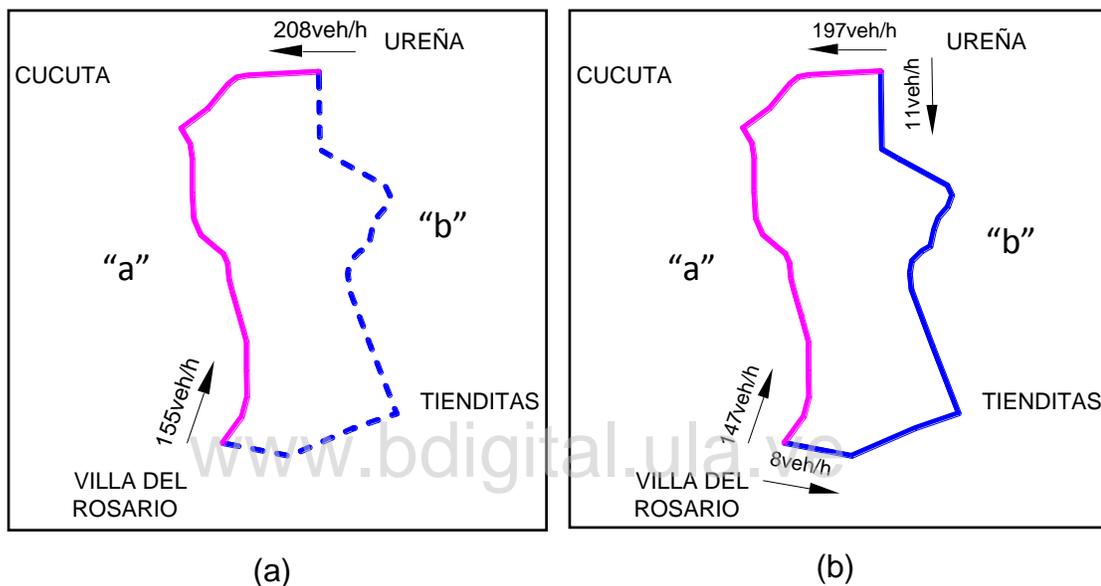
Empleando la ecuación 2.9 se obtiene la probabilidad de viajes que seleccionen la ruta "b", que resulta de:

$$P(b) = 0.05$$

Lo cual indica que sólo un 5% de los viajes se darán por la ruta "b" o nuevo Puente Binacional Tienditas, esto a causa de las demoras presentadas en el trayecto a causa de la geometría de la vía y volumen vehicular.

En la figura 5.4 (a) se muestran los volúmenes que circularían por la ruta “A” en 5 años, si no fuese puesta en servicio el tramo de vía del Puente Binacional Tienditas, dichos valores fueron obtenidos de la estimación de tráfico futuro.

A partir de los resultados obtenidos de la aplicación del método Logit, se hace la repartición del tráfico, la cual se indica en la figura 5.4 (b).



**Figura Nº 5.4** Esquema de volúmenes futuros a 5 años Método Logit Ureña.

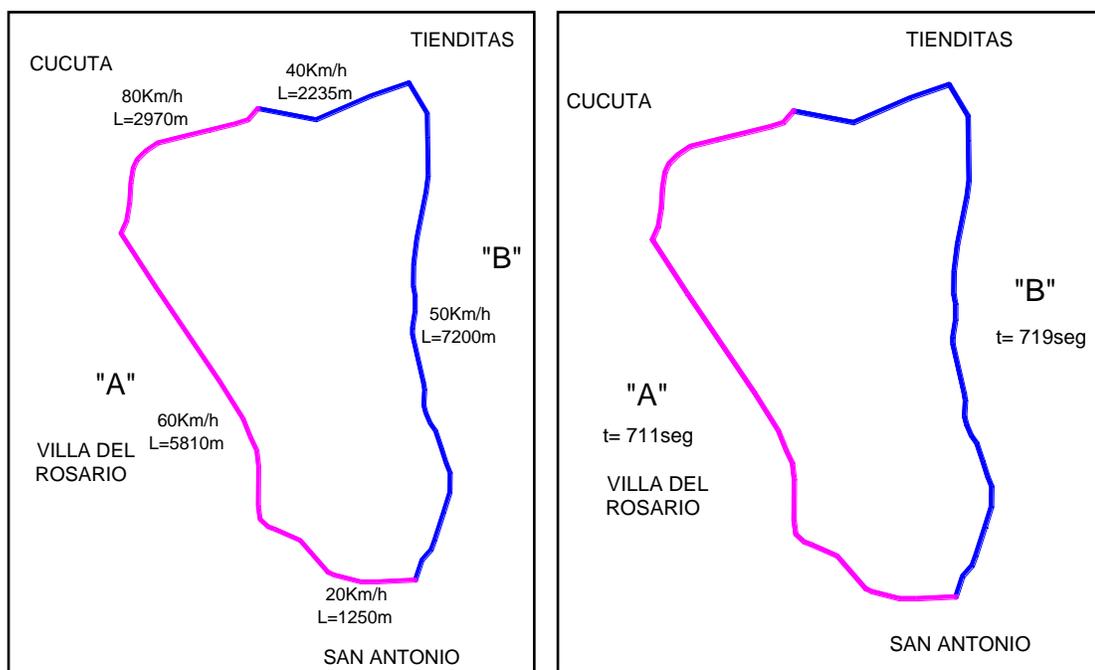
✓ **Puente Simón Bolívar**

En la figura 5.5 se representa el esquema de ubicación de las alternativas que pueden tener los conductores al momento de elegir una ruta determinada entre San Antonio y Cúcuta o viceversa, que son llamadas “A” y “B”. Un punto de conexión común es la redoma en la Ruta 55 del lado Colombia, y por el otro lado sobre la avenida principal de San Antonio de acceso al Puente Internacional Simón Bolívar.



**Figura Nº 5.5** Esquema para aplicación del Método Logit en Puente Simón Bolívar.

En la figura 5.3 (a) se presenta la configuración de las alternativas de rutas "A" y "B", con los datos correspondiente a longitud y velocidad, a partir del cual se determinarán los tiempos de recorrido, que permitirán posteriormente aplicar las ecuaciones del método Logit.



**Figura N° 5.6** Configuración de los canales en la intersección a Puente Binacional Tienditas. Numeración de cada movimiento.

En la figura 5.6 (b) se indican los tiempos de recorrido correspondientes a cada ruta "A" y "B", según la longitud y velocidad en las mismas. Para determinar la probabilidad de viajes que seleccionen la ruta "A" se emplea la ecuación 2.8, y se obtiene lo siguiente:

$$P(A) = 0.71$$

Este resultado indica que el 71% del tráfico que circula entre Venezuela y Colombia por el Puente Simón Bolívar, seleccionará la ruta "A" que corresponde al Puente mencionado, porque es la que brinda menor tiempo de recorrido.

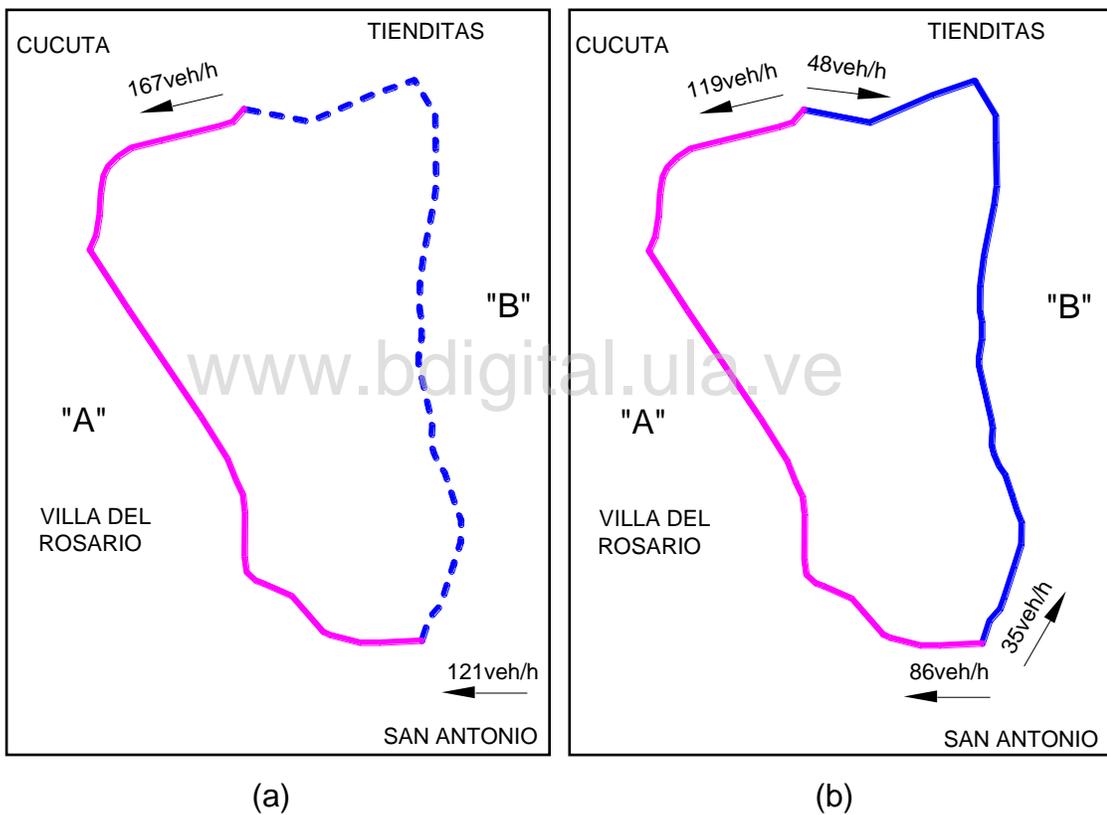
Empleando la ecuación 2.9 se obtiene la probabilidad de viajes que seleccionen la ruta "B", que resulta de:

$$P(B) = 0.29$$

Lo cual indica que el 29% de los viajes se darán por la ruta "B" o nuevo Puente Binacional Tienditas.

En la figura 5.7 (a) se representan los volúmenes que circularían por la ruta "A" en 5 años, si no fuese puesta en servicio el tramo de vía del Puente Binacional Tienditas.

A partir de los resultados obtenidos de la aplicación del método Logit, se hace la repartición del tráfico, la cual se indica en la figura 5.7 (b).



**Figura N° 5.7** Esquema de volúmenes futuros a 5 años Método Logit San Antonio.

### **5.3 Análisis operacional**

Se debe realizar el análisis operacional de la nueva intersección que se va a generar entre la carretera San Antonio – Ureña y la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas. Se empleará la metodología expuesta por el HCM 2010 en el capítulo 19, para el caso de *intersecciones no semaforizadas controladas por pare o ceda el paso*.

*Análisis Operacional de intersecciones no semaforizadas controladas por pare o ceda el paso.*

Para el caso en estudio, los movimientos que interesan evaluar son:

1. Giro a la izquierda desde la vía principal (Carretera San Antonio - Ureña) hacia la vía secundaria (vialidad de acceso a Puente Binacional).
2. Giro a la derecha desde vía secundaria hacia vía principal.
3. Giro a la izquierda desde vía secundaria hacia vía principal.

La metodología asume que el giro a la izquierda se da desde un canal exclusivo para este movimiento, lo cual debe ser planteado de esta manera en el diseño geométrico de la intersección.

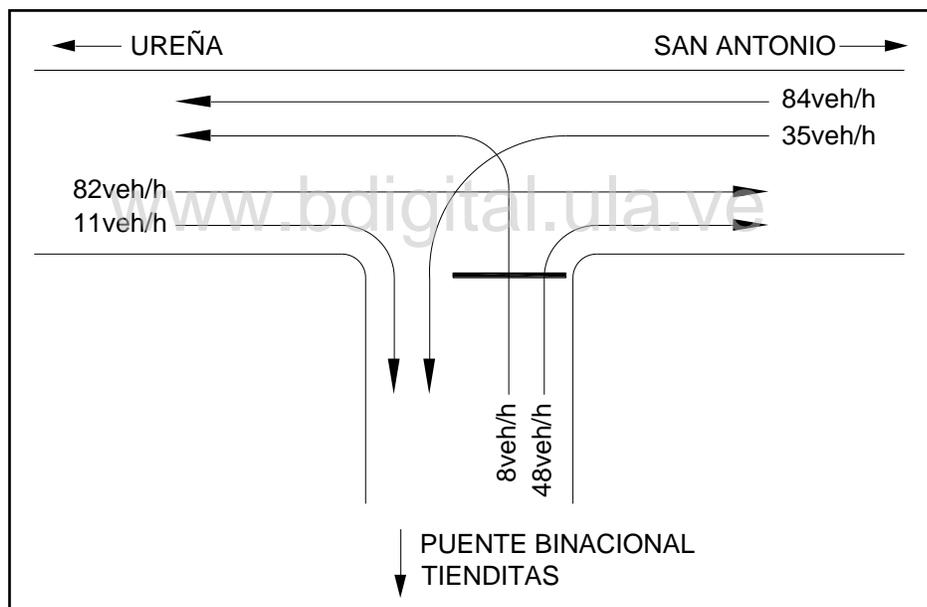
A continuación se describen las características geométricas y de tráfico en la intersección, necesarias para la aplicación de la metodología:

- ✓ Intersección en T.
- ✓ La vía principal o prioritaria tiene un canal por sentido de circulación.
- ✓ La vía no prioritaria dispone de un canal para cada movimiento.
- ✓ Los accesos están en la misma pendiente 0.5% aproximadamente, en terreno llano.
- ✓ El porcentaje de vehículos pesados es variable para cada movimiento.
- ✓ No existen intersecciones semaforizadas próximas a la intersección.

- ✓ No se consideran peatones.

### 5.3.1 Análisis Operacional con estimación de tráfico a futuro de 5 años y tasa de crecimiento del 3%.

Como se trata de una solución temporal, la implantación de una intersección a nivel entre la carretera San Antonio – Ureña y la vía de acceso al Puente Binacional Tienditas, se realizó la estimación de tráfico futuro a 5 años, considerando un crecimiento normal del tráfico ( $r= 3\%$ ). A partir de los valores obtenidos, y de la estimación realizada para la repartición del tráfico, se obtienen los volúmenes pico en 15 minutos, los cuales son representados en la figura 5.8.

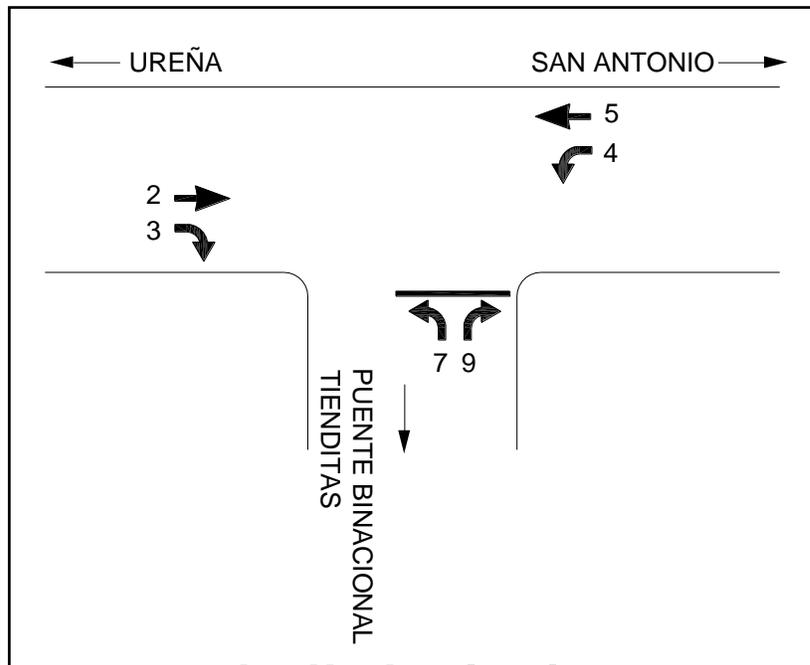


**Figura Nº 5.8** Volúmenes Máximos en 15 min estimados en 5 años para la nueva intersección entre Carretera San Antonio – Ureña y Acceso a Puente Binacional Tienditas.

#### **Paso 1:** Determinar y clasificar prioridad de los movimientos

Para el análisis se considerará lo relacionado al giro a la izquierda desde la vía prioritaria, giro a la derecha desde la vía no prioritaria y giro a la izquierda

desde la vía no prioritaria. En la figura 5.9 se puede observar la configuración de los canales en la Intersección.

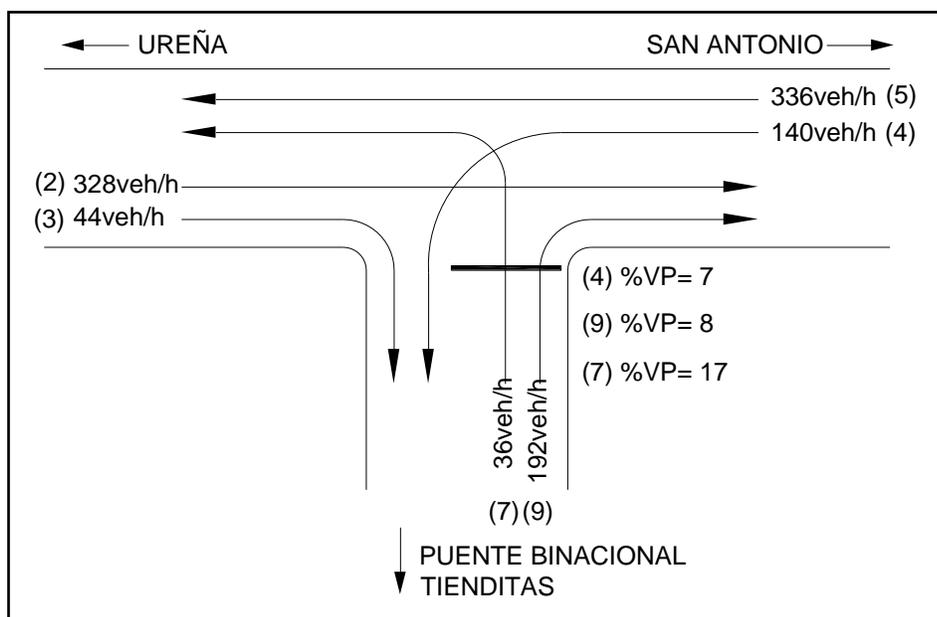


**Figura Nº 5.9** Configuración de los canales en la intersección a Puente Binacional Tienditas. Numeración de cada movimiento.

De acuerdo al HCM 2010, el *Giro a la izquierda desde la Vía Prioritaria* se encuentra dentro de la categoría 2 y denominado bajo el número de movimiento 4. El giro a la derecha desde la vía no prioritaria dentro de la categoría 2 y bajo el número 9; y el giro a la izquierda desde la vía no prioritaria, se encuentra dentro de la categoría 3, por tratarse de intersección en T.

**Paso 2:** *Convertir volúmenes en rata horaria*

La rata horaria se obtiene a partir de los volúmenes máximos en 15 minutos mostrados en la figura 5.1, dichos valores son multiplicados por 4. En la figura 5.10 se muestran las ratas horarias a considerar en la aplicación de la metodología



**Figura Nº 5.10** Ratas Horarias para los movimientos involucrados en el estudio.

**Paso 3:** Determinar las ratas de flujo en conflicto

En función de los movimientos planteados en la intersección, se obtienen las ratas de flujo en conflicto, que para el caso del *giro a la izquierda desde la vía San Antonio – Ureña* (vía prioritaria) *hacia Puente Binacional* (vía no prioritaria), los volúmenes que entrarían en conflicto para ejecutar la maniobra serían los correspondientes al movimiento que sigue recto en la carretera San Antonio – Ureña (movimiento 2), y el giro a la derecha de los vehículos que van desde Ureña al Puente Binacional (movimiento 3). Empleando la ecuación 2.11 se tiene lo siguiente (no se consideran peatones):

$$v_{c,4} = v_2 + v_3 + 0 = 372 \text{ veh/h}$$

El caso del *giro a la derecha del Puente Binacional Tienditas hacia carretera San Antonio – Ureña*, las ratas en conflicto serían el movimiento que sigue recto de Ureña hacia San Antonio, y el giro a la derecha desde Ureña hacia

Puente Binacional, se aplica la ecuación 2.12, y se hacen las respectivas simplificaciones:

$$v_{c,9} = v_2 + 0.5v_3 + 0 + 0 = 350veh/h$$

Para el *giro a la izquierda del Puente Binacional Tienditas hacia carretera San Antonio – Ureña* (sentido Ureña), las ratas en conflicto serían el movimiento que sigue recto de Ureña hacia San Antonio, el giro a la derecha desde Ureña hacia Puente Binacional, el movimiento que sigue recto de San Antonio hacia Ureña, y el giro a la izquierda desde San Antonio a Puente Binacional. Se aplica la ecuación 2.13, y se hacen las respectivas simplificaciones:

$$v_{c,7} = v_2 + 0.5v_3 + 0 + 2v_4 + v_5 + 0 = 966veh/h$$

**Paso 4: Determinar Intervalo crítico e Intervalo entre vehículos sucesivos**

Considerando *Giro a la izquierda desde la Vía Prioritaria* y dos canales de circulación, se obtiene de la tabla 2.8 un valor de intervalo crítico base de 4.1 seg. El factor de ajuste por vehículos pesados se asume 1, dado que la vía prioritaria tiene un canal por sentido, la proporción de vehículos pesados es de 0.07 (figura 5.3). El factor de ajuste por pendiente no se considera para este movimiento. El factor de ajuste por geometría es cero, debido a que se trata de una intersección en T.

Una vez descrito esto se procede a calcular el intervalo crítico para el movimiento 4, a partir de la ecuación 2.14.

$$t_{c,4} = 4.17seg$$

Del mismo modo para el *Giro a la derecha desde la vía no prioritaria* y para el *Giro a la izquierda desde la vía no prioritaria*, cambiando los valores de intervalo crítico dados por la tabla 2.8, según es el caso, y variando el porcentaje de vehículos pesados, se obtiene:

$$t_{c,9} = 6.28\text{seg}$$

$$t_{c,7} = 6.57\text{seg}$$

Para la determinación del intervalo entre vehículos sucesivos, se tomó de la tabla 2.9 un intervalo base de 2.2 seg, que corresponde al Giro a la izquierda desde la vía prioritaria y dos canales de circulación. El factor de ajuste por vehículos pesados es de 0.7 dada que la vía prioritaria tiene un canal por sentido. Con estos valores y empleando la ecuación 2.15, se obtiene el Intervalo entre vehículos sucesivos:

$$t_{f,4} = 2.26\text{seg}$$

Del mismo modo pero considerando en la tabla 2.9 los valores para el caso de *Giro a la derecha desde la vía no prioritaria* y para el *Giro a la izquierda desde la vía no prioritaria*, se obtiene:

$$t_{f,9} = 6.28\text{seg}$$

$$t_{f,7} = 6.57\text{seg}$$

#### **Paso 5: Cálculo de Capacidad Potencial**

El cálculo de la capacidad potencial se realizará considerando que no existen intersecciones semaforizadas próximas a la intersección; para esto se empleará la ecuación 2.16 que da como resultado:

$$c_{p,4} = 1161\text{veh/h}$$

$$c_{p,9} = 416\text{veh/h}$$

$$c_{p,7} = 200\text{veh/h}$$

#### **Paso 6: Capacidad de los movimientos de la categoría 1**

Este paso no aplica para el caso de estudio.

**Paso 7: Capacidad de los movimientos de la categoría 2**

*Paso 7a:*

La capacidad del movimiento 4 que corresponde al giro a la izquierda desde la vía prioritaria, es la misma capacidad potencial. De acuerdo a la ecuación 2.17, se tiene:

$$c_{m,4} = c_{p,4} = 1161veh/h$$

*Paso 7b:*

La capacidad del movimiento 9 que corresponde al giro a la derecha desde la vía no prioritaria, es la misma capacidad potencial.

$$c_{m,9} = c_{p,9} = 416veh/h$$

*Paso 7c:*

El efecto de la existencia del canal compartido para el movimiento que gira a la izquierda desde la vía prioritaria y el que sigue recto, se evaluará por medio de la probabilidad de que el giro a la izquierda de la vía principal esté libre de cola, por medio de la ecuación 2.18, así:

$$p_{0,4} = 0.88$$

En donde existe una probabilidad del 89% de que los vehículos que siguen recto no sean bloqueados por vehículos que estén esperando realizar la maniobra de giro a la izquierda.

**Pasos 8: Capacidad de los movimientos de la categoría 3**

Como se trata de una intersección en "T", el movimiento 7 se analiza dentro de la categoría 3, y empleando las ecuaciones 2.21 y 2.22, se obtiene que la capacidad del movimiento 7 es igual a:

$$c_{m,7} = 176\text{veh/h}$$

**Pasos 9:** Capacidad de los movimientos de la categoría 4

Este paso no aplica para el estudio.

**Paso 10:** Ajustes de la Capacidad final

Este paso no aplica para el estudio.

**Paso 11:** Calcular la demora por movimiento

Para determinar la demora de los movimientos estudiados se emplea la ecuación 2.23, y los resultados se representan en la tabla 5.5.

**Tabla Nº 5.5** Demora y Nivel de Servicio de los movimientos estudiados.

Movimiento	Demora (seg)	Nivel de Servicio
(4) Canal de giro a la izquierda desde la vía prioritaria.	8.5	A
(9) Canal de giro a la derecha desde la vía no prioritaria.	14.8	B
(7) Canal de giro a la izquierda desde la vía no prioritaria.	26.4	D

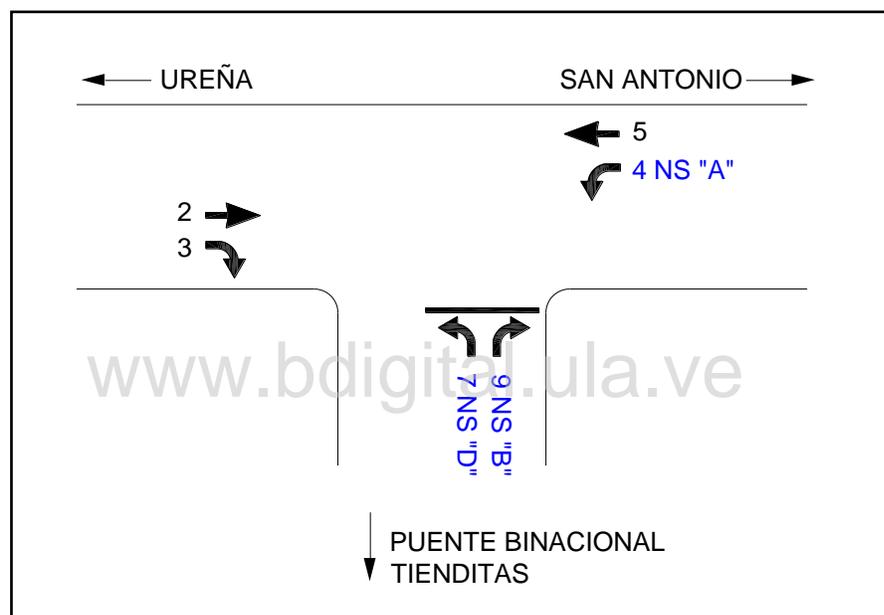
De acuerdo a los criterios dados por el HCM 2010 en la tabla 2.7 para determinación del nivel de servicio (NS), se obtiene un **NS “A”** para el movimiento **de Giro a la Izquierda desde la Vía Prioritaria**, indicando que las operaciones se darán con muy poca demora, el avance de los vehículos es bastante favorable, sin apenas detenerse.

Se obtiene un **NS “B”** para el movimiento **de Giro a la Derecha desde la Vía no Prioritaria**, lo que indica que para los conductores está muy poco restringida la maniobra de giro a la derecha, y los efectos de interrupciones

del flujo son fácilmente absorbidos, con bajas demoras y longitudes de cola muy bajas.

Para el caso del **Giro a la Izquierda desde la vía no Prioritaria** se obtuvo **NS "D"**, lo cual refleja que la demora es importante, donde se aprecian colas de vehículos esperando oportunidad para cruzar.

En la figura 5.11 se muestran los niveles de servicio por cada movimiento analizado.



**Figura Nº 5.11** Niveles de Servicio de los movimientos estudiados para una estimación del tráfico a 5 años.

En función de los resultados obtenidos, se planteará una canalización de los movimientos en la intersección, de manera que se disminuyan los conflictos para los movimientos del análisis.

Se canalizará el movimiento 3 de manera que no genere conflicto con los movimientos 4, 9 y 7. Bajo esta consideración y aplicando el mismo procedimiento anterior, se obtienen los valores de la tabla 5.6.

**Tabla Nº 5.6** Demora y Nivel de Servicio de los movimientos estudiados con intersección canalizada.

<b>Movimiento</b>	$v_{c,x}$ <b>(veh/h)</b>	$c_{p,x}$ <b>(veh/h)</b>	$c_{m,x}$ <b>(veh/h)</b>	<b>Demora (seg)</b>	<b>Nivel de Servicio</b>
(4) Canal de giro a la izquierda desde la vía prioritaria.	328	1326	1326	8.1	A
(9) Canal de giro a la derecha desde la vía no prioritaria.	328	809	809	14.5	B
(7) Canal de giro a la izquierda desde la vía no prioritaria.	944	205	185	25.3	D

Bajo este planteamiento se logra disminuir la demora para los tres movimientos, lo cual es más apreciable en el movimiento 7 Giro a la izquierda desde la vía no prioritaria, dicha demora se redujo en 1.1 segundos aproximadamente, pero manteniéndose dentro de la categoría de nivel de servicio "D".

En base a estos resultados, se puede constatar analíticamente el efecto positivo en la reducción de demoras, que tiene la canalización de movimientos en intersecciones a nivel.

Dado que la conexión a nivel de la vía de acceso al Puente Binacional Tienditas es temporal, se adoptará como solución definitiva una *intersección a nivel no semaforizada con señal de pare* y con los movimientos canalizados. Sugiriendo un análisis de intersección semaforizada al cabo de 5 años.

# CAPITULO VI. PROYECTO DE VIALIDAD DE ACCESO LADO VENEZUELA A PUENTE BINACIONAL TIENDITAS E INTERSECCION

## 6.1 Consideraciones generales

Seguidamente se describe el Proyecto de la Vialidad de Acceso al Puente Binacional Tienditas, ubicado sobre el Río Táchira en la frontera Colombo - Venezolana. El nuevo puente sobre el Río Táchira tiene una longitud de 280.20m y sus coordenadas de ubicación son: extremo del puente Lado Colombia (871453,91 N; 780736.874 E), lado Venezuela (871571,337 N; 780991,310 E).



**Figura N° 6.1** Ubicación de Puente Binacional y Vialidad de acceso Lado Venezuela.

La longitud de la vialidad de acceso al puente es de 1625.405m la cual está orientada en dirección noreste, e intersecta a la carretera San Antonio – Ureña en un poblado llamado Tienditas.

La carretera San Antonio – Ureña, es una vía rural de dos canales de circulación (uno por sentido). La vialidad de acceso al Puente Binacional contará con tres canales de circulación por sentido, desde la salida del Puente Binacional hasta el punto de control (CENAF), a partir de éste se reduce la sección a dos canales de circulación por sentido, hasta la intersección con la carretera San Antonio – Ureña (vialidad de dos canales, uno por sentido), los cuales se emplearán para la canalización del tráfico vehicular en la intersección, de acuerdo a los movimientos involucrados en la misma.

En principio se planteará una intersección a nivel con movimientos canalizados por medio de rampas, debido a que la conexión es temporal con la carretera San Antonio Ureña. Debe considerarse a futuro que esta intersección sea a desnivel, en consistencia con la futura vía expresa del Eje Vial Peracal – San Antonio del Táchira – Ureña del Estado Táchira.

## **6.2 Directrices de diseño**

Las directrices de diseño para el proyecto de la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas son:

- Velocidad de proyecto 40 Km/h, fijada debido a los controles que implica el paso fronterizo.
- Radio de curvatura mínimo de 40m para  $V_p = 40$  Km/h.
- Pendiente transversal, bombeo 2%.
- Peralte, el requerido en función de la velocidad de proyecto y del radio de curvatura, con transiciones de peralte de acuerdo a

los requerimientos de cada curva y según especificaciones del MTC (1985)<sup>1</sup>.

- Curvas verticales, diseñadas con las longitudes mínimas necesarias en función de la velocidad de proyecto y de las pendientes a enlazar, siguiendo las especificaciones del MTC (1985)<sup>1</sup>.
- Vehículo de diseño: W-40 debido al alto porcentaje de vehículos pesados, y porque representa la mayoría de los camiones que transitarán por el nuevo puente.

### **6.3 Vía de acceso a Puente Binacional Tienditas.**

A continuación se describirán los elementos de la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas del lado Venezuela, la cual empalmará por medio de una intersección a nivel provisional, con la carretera San Antonio – Ureña.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

#### **6.3.1 Alineamiento horizontal**

El trazado en planta consta de dos rectas en dirección noreste, enlazadas por una curva de radio 1000m. La longitud del alineamiento es de 1625.405m, y comienza en la Prog. 0+000 del lado Colombia y termina en el eje de la carretera existente San Antonio – Ureña en la Prog. 1+625.405; en la tabla 6.1 se presentan las coordenadas y en la tabla 6.2 los elementos de las curvas del alineamiento.

**Tabla Nº 6.1** Coordenadas del alineamiento de la Vía de Acceso a Puente Binacional Tienditas.

COORDENADAS EJE PRINCIPAL VIA DE ACCESO A PUENTE BINACIONAL TIENDITAS						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
DE	A				NORTE	ESTE
				V0	871329.347	780466.692
V0	V1	N 65°14'17" E	1147.814	V1	871810.110	781508.970
V1	V2	N 72°50'08" E	477.786	V2	871951.112	781965.476

**Tabla Nº 6.2** Cuadro de curvas del alineamiento de la Vía de Acceso a Puente Binacional Tienditas.

CUADRO DE CURVAS DEL ALINEAMIENTO						
CURVA	DEFLEXION	RADIO	LONGITUD	TANGENTE	EXTERNA	PERALTE
V1	07°35'51"	1000.00	132.601	66.398	2.202	2.00 %

El puente Binacional Tienditas cuenta con una longitud de 280.20m, y se encuentra ubicado entre las progresivas 0+297.500 – 0+577.700, sobre un alineamiento recto en dirección noreste.

En sentido Colombia – Venezuela en la Prog. 0+923.741 comienza la transición para acceder a las instalaciones del CENAF (Centro Nacional de Aduanas y Fronteras) y para los puntos de control, que para el caso de entrada a Venezuela son 6 casetas de control de vehículos particulares, y los vehículos de carga deberán acceder al CENAF para su respectivo control. De estos 6 puntos de control, dos pueden alternar el sentido de circulación, según la conveniencia de los volúmenes de tráfico para un determinado momento. En la Prog. 1+235.569 termina la transición de la salida de las instalaciones del CENAF. Ver figura 6.2.

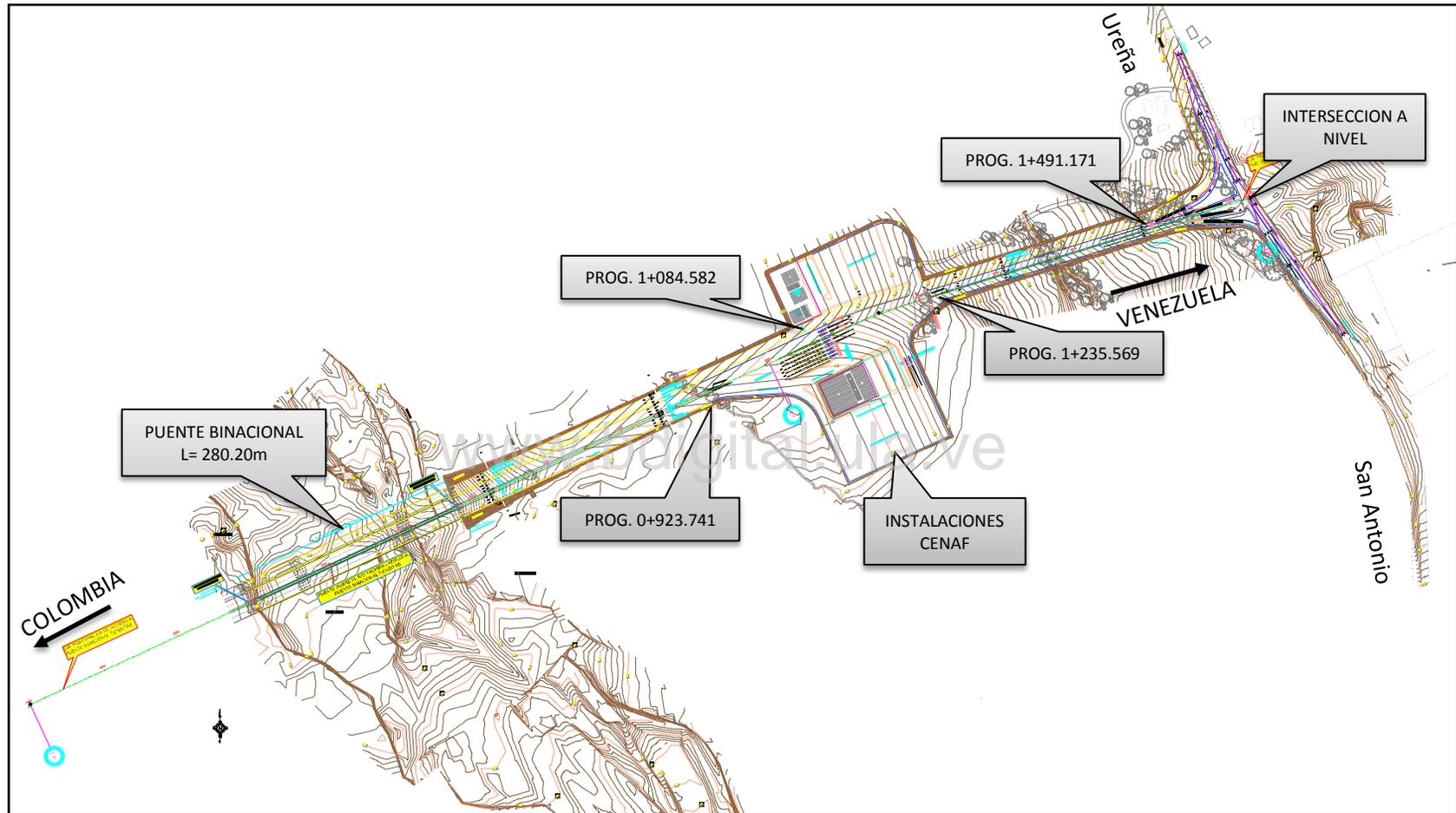
En sentido Venezuela – Colombia en la Prog. 1+235.569 comienza la transición para acceder a las instalaciones del SENIAT, SAIME y para los

puntos de control (tres en esta dirección), dicha transición termina en la Prog. 1+084.582.

En la Prog. 1+491.171 comienzan las transiciones para las rampas de entrada y salida de la intersección a nivel con la carretera San Antonio – Ureña, lo cual será explicado en detalle más adelante.

En los anexos II-1 y II-2 se muestran los planos respectivos del alineamiento horizontal, de la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)



**Figura N° 6.2** Vialidad de acceso Lado Venezuela a Puente Binacional Tienditas.

### **6.3.2 Alineamiento vertical**

El alineamiento vertical está constituido por rectas y curvas verticales, las rectas caracterizadas por su longitud y pendiente, mientras que las curvas son parábolas de segundo grado que permiten suavizar el cambio de pendientes de las rectas que enlaza.

La rasante de la vía propuesta deberá elevarse sobre el terreno actual garantizando una altura de terraplén suficiente para evitar inundaciones sobre la carretera en épocas invernales, y así se colocarían las alcantarillas transversales cumpliendo con las normas técnicas de diseño de las mismas.

Inicialmente desde la Prog. 0+000 – 0+080.608 se empleó una pendiente mínima longitudinal de 0.50% entrando a una curva cóncava de longitud 158m, saliendo de ésta en la Prog. 0+238.608 comienza la recta de entrada al puente con una pendiente de 5.73%, hasta la Prog. 0+287.600 donde inicia la curva convexa en donde estará ubicado el puente con una longitud de 300m, llegando a la Prog. 0+587.600 que es la salida de la curva e inicio de la recta de salida del puente de pendiente 5.79 y longitud 14.017m. Para la Prog. 0+601.617 se tiene la entrada a una curva cóncava de longitud 150m, y la salida es en la progresiva 0+751.617, donde comienza una recta de pendiente 0.66% en 318.383m de longitud. Al final de esta recta en la Prog. 1+070.000 está la entrada a una curva vertical cóncava de 100m de longitud que permite suavizar la próxima recta que tiene una pendiente de 2.37% (Ver Anexos II-3 y II-4).

El alineamiento vertical del eje principal de la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas, llega hasta la Prog. 1+491.171 debido a que a partir de acá, comienzan las rampas de entrada y salida de la Intersección a nivel con la carretera San Antonio – Ureña, las cuales cuentan con un alineamiento vertical para cada una, y que serán descritos más adelante.

### **6.3.3 Sección transversal**

La sección transversal de la vialidad de acceso a Puente Binacional Tienditas fue definida previo a la elaboración del proyecto por PROEZA Consultores, dichas dimensiones fueron exigidas cumplir de parte del gobierno colombiano. Del lado venezolano la sección es variable, y se puede describir en dos tipos, sección T-T' y sección P-P'.

#### **✓ Sección Tipo T-T'**

La sección tipo T-T' está definida desde la progresiva de salida del puente 0+577.700, hasta donde comienza la transición para acceder a los puntos de control y CENAF en la Prog. 0+923.741. La sección está conformada por los siguientes elementos:

- Tres canales de 3.60m por sentido de circulación vehicular.
- Hombrillo interno de 1.91m y hombrillo externo de 0.55m, por sentido de circulación vehicular.
- Bombeo 2%
- Separador central de ancho 0.70m.
- Área verde de 3.428m.
- Ciclovía de ancho 9.10m.
- Franja de estabilización de 1.5m del lado de la calzada vehicular y de 0.60m del lado de la Ciclovía.
- Ancho total de la sección transversal 41.85m.
- Terraplén 2:1.

La sección transversal se muestra en la figura 6.3. En los anexos II-5, II-6, II-7 y II-8 se muestran los planos de secciones transversales de la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas.

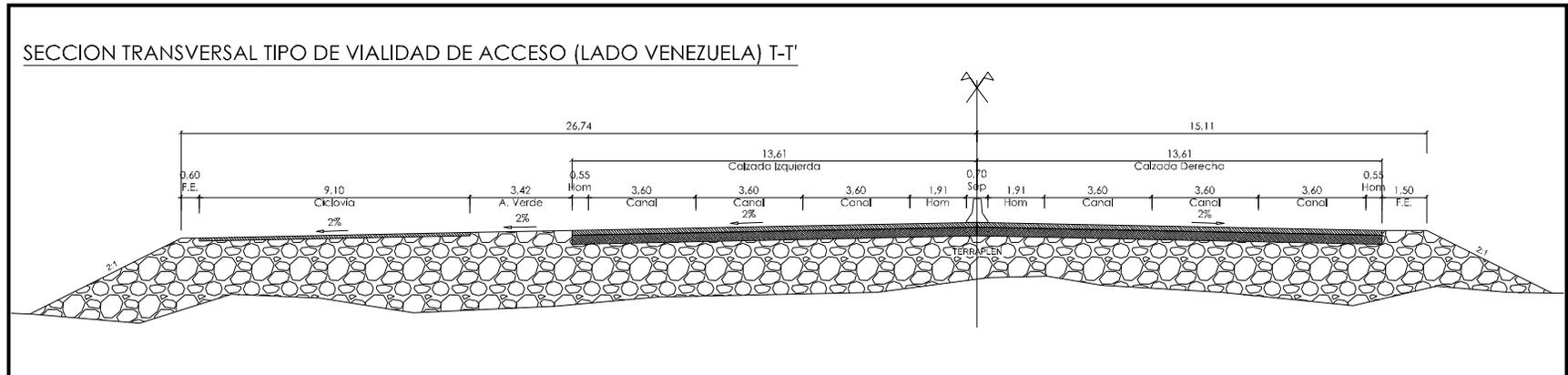


Figura Nº 6.3 Sección Transversal Vialidad de Acceso Lado Venezuela T-T.

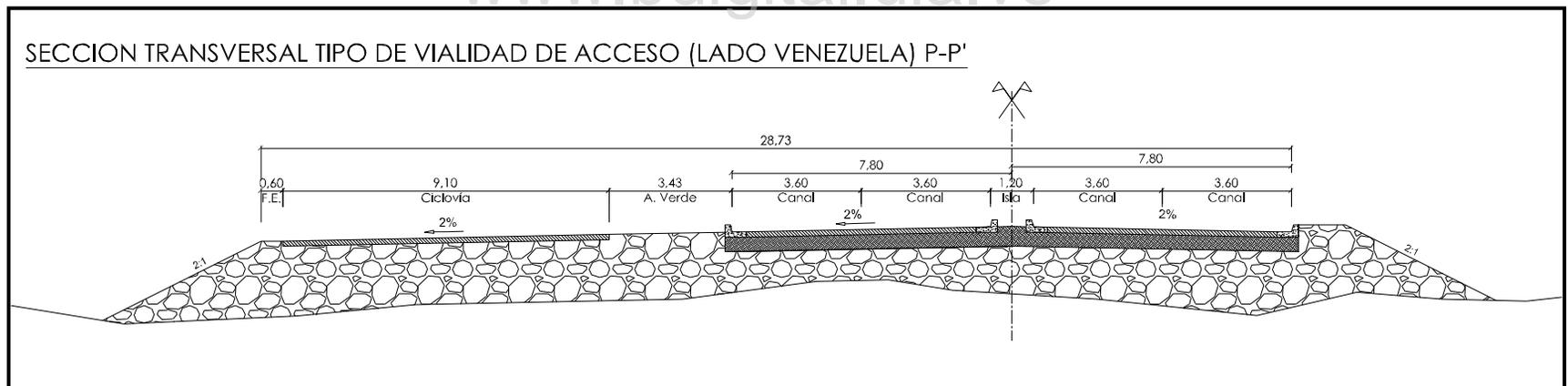


Figura Nº 6.4 Sección Transversal Vialidad de Acceso Lado Venezuela P-P.

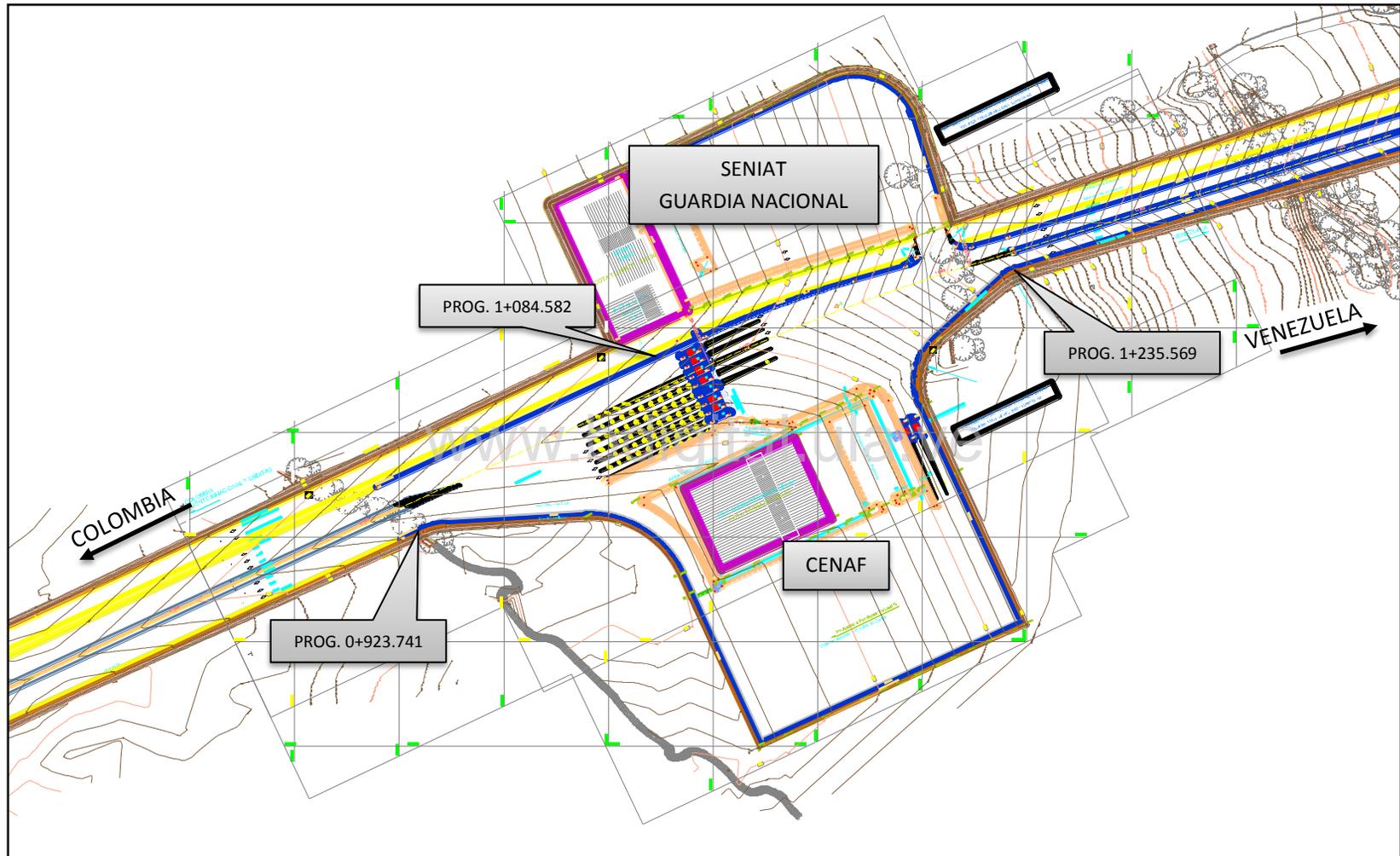
### ✓ **Sección Tipo P-P'**

La sección tipo P-P' está definida desde la Prog. 1+235.569 que es en donde termina la transición para los puntos de control y acceso a las instalaciones del CENAF, SENIAT, SAIME, hasta la Prog. 1+491.171, progresiva a partir de la cual comienzan las transiciones para la intersección a nivel con la carretera San Antonio – Ureña. (Ver figura 6.4).

- Dos canales de 3.60m por sentido de circulación vehicular.
- Bombeo 2%
- Isla de ancho 1.20m.
- Área verde de 3.428m.
- Ciclovía de ancho 9.10m.
- Franja de estabilización de 1.5m del lado de la calzada vehicular y de 0.60m del lado de la Ciclovía.
- Ancho total de la sección transversal 28.73m.
- Terraplén 2:1.

### **6.4 Instalaciones Centro Nacional de Aduanas y Fronteras (CENAF).**

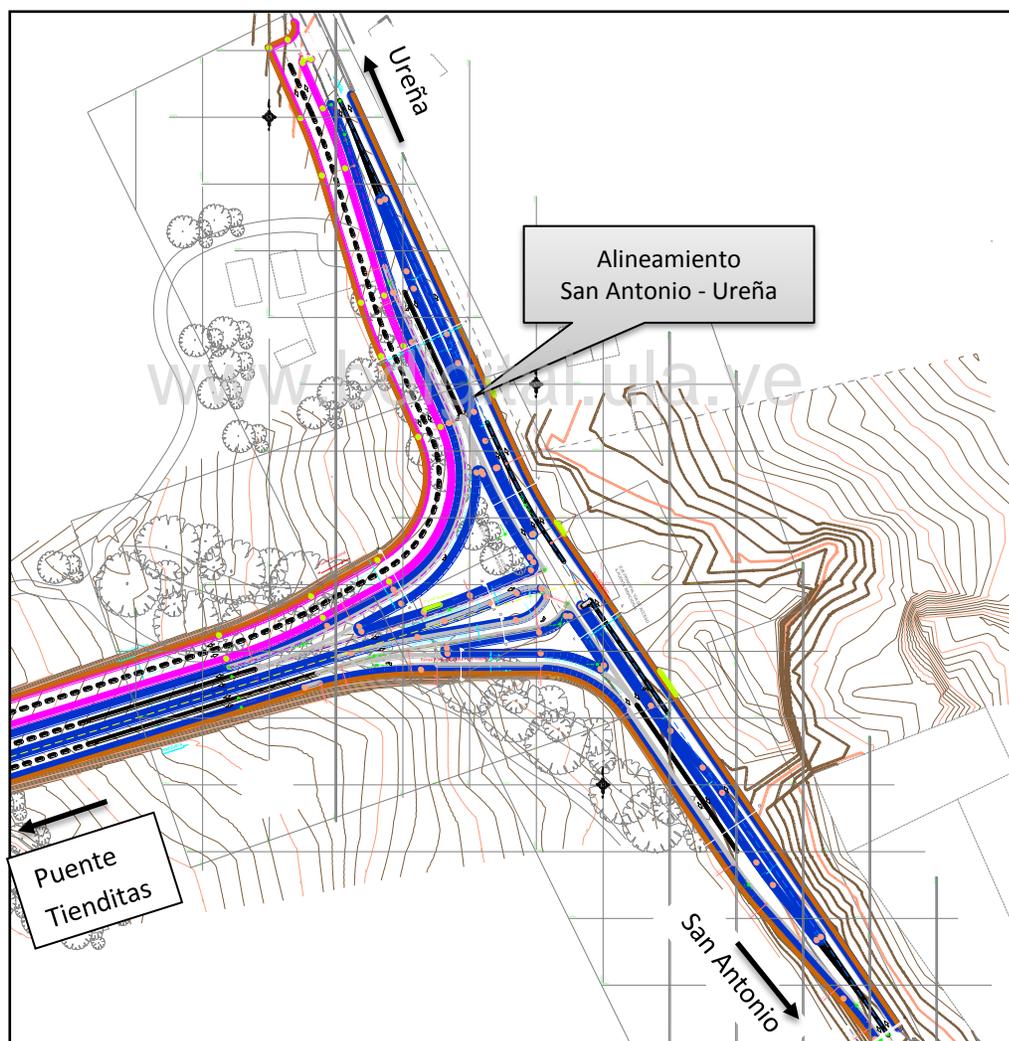
Las instalaciones del Centro Nacional de Aduanas y Fronteras están destinadas para el control de entrada y salida, del intercambio comercial entre ambos países; los parámetros de diseño fueron estipulados de acuerdo a los requerimientos del ente contratante (Ministerio del Poder Popular para Transporte Terrestre, SENIAT y Guardia Nacional), en cuanto a las áreas de instalaciones, número de estacionamientos y número de taquillas de control. La vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas, se empalmó a través de transiciones con estas áreas de servicio para poder brindar el acceso que corresponde. En la figura 6.5 se muestra el esquema de las instalaciones. En los anexos II-9 y II-10 se muestran los planos correspondientes al diseño de las instalaciones del CENAF, SENIAT y Guardia Nacional.



**Figura Nº 6.5** Instalaciones del CENAF, SENIAT y Guardia Nacional.

### **6.5 Intersección a nivel de vía de acceso a Puente Binacional Tienditas con carretera San Antonio – Ureña**

La intersección entre la vía de acceso al Puente Binacional Tienditas y la vía de San Antonio – Ureña, es planteada como una intersección a nivel de tipo “T”. Los distintos movimientos involucrados en la intersección están canalizados por medio de rampas, las cuales serán descritas a continuación. En la figura 6.6 se muestra la intersección provisional diseñada.



**Figura Nº 6.6** Intersección entre carretera San Antonio – Ureña y vía de acceso a Puente Binacional Tienditas.

### 6.5.1 Alineamiento San Antonio - Ureña

#### ✓ Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal es planteado en dirección noroeste que es como actualmente se encuentra la vía San Antonio – Ureña, el cual se ajusta a la vía existente, y consta de dos rectas enlazadas por una curva de 200m, para una longitud del alineamiento de 406.907m (ver figura 5.10).

En la Prog. 0+015.847 comienza una transición del rayado para la incorporación de una isla central, la cual inicia en la Prog. 0+044.437 de ancho variable, que busca incorporar en la sección de la vía un canal exclusivo de giro a la izquierda (sentido San Antonio – Puente Binacional). Los planos detallados de la intersección se pueden apreciar en los anexos II-11, II-12 y II-13.

El canal de giro se encuentra entre las progresivas 0+109.867 – 0+297.295. El canal adicional se prolonga hasta la Prog. 0+268.431 con el fin de brindar refugio al tráfico vehicular sentido Puente Binacional – Ureña, a partir de esta progresiva comienza la transición de salida del canal adicional, hasta la 0+300.796 que tiene un solo canal el trazado en sentido San Antonio – Ureña. En la tabla 6.3 se tienen las coordenadas de proyecto del alineamiento, y los elementos de la curva horizontal.

**Tabla Nº 6.3.** Coordenadas y elementos del alineamiento San Antonio – Ureña.

COORDENADAS DE PROYECTO ALINEAMIENTO SAN ANTONIO - UREÑA						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
INI	FIN				NORTE	ESTE
				P-0	871781.360	782081.769
P-0	P-1	N 34°24'51" W	240.413	P-1	871979.695	781945.895
P-1	P-2	N 24°37'21" W	166.578	P-2	872131.126	781876.492

CUADRO DE CURVAS ALINEAMIENTO SAN ANTONIO - UREÑA					
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	TANGENTE	CUERDA
P1	09°47'30"	200.000	34.179	17.131	34.138

✓ **Alineamiento vertical**

La nueva rasante de la vía San Antonio – Ureña se ajusta bastante a la vía existente como se puede apreciar en el plano PLI-1, consta de dos rectas con pendiente de 0.42% y 1.54%, enlazadas por una curva vertical de 60m de longitud.

Este alineamiento vertical definirá las cotas de empalme de las rampas que conectan el acceso al Puente Binacional, con la Vía San Antonio – Ureña. En el anexo II-14 se representa el perfil longitudinal.

✓ **Sección transversal**

Este alineamiento presenta sección transversal que varía según la progresiva. Se pueden definir cuatro secciones transversales.

*Sección Tipo A-A'*

- Un canal de 3.60m de ancho en sentido San Antonio – Ureña. Dos canales de 3.60m por sentido opuesto (uno sigue recto Ureña – San Antonio, y el otro es de giro a la derecha hacia Puente Binacional Tienditas).
- Hombrillo externo de 1.20 m en sentido San Antonio - Ureña, y de 1.80m de ancho en sentido opuesto. Hombrillos delimitados por brocales tipo B-1.
- Bombeo 2%
- Isla de ancho 4.20m.
- Área verde de 3.428m.

- Ciclovía de ancho 9.10m, siguiendo el ancho estipulado para el puente binacional.
- Franja de estabilización de 0.60m para ambos extremos de la sección
- Ancho total de la sección transversal 31.728m.
- Terraplén 2:1.

El esquema de esta sección se muestra en la figura 6.7.

#### *Sección Tipo F-F'*

- Dos canales de 3.60m uno sigue recto sentido San Antonio – Ureña, y el otro es canal exclusivo de giro a la izquierda (hacia Puente Binacional). Un canal de 3.60m de ancho en sentido opuesto (Ureña – San Antonio).
- Hombrillo externo de 1.20 m en sentido San Antonio - Ureña, y de 1.80m de ancho en sentido opuesto. No posee hombrillos internos.
- Bombeo 2%
- Isla de ancho 0.60m. Hombrillos e Isla delimitados por brocales tipo B-1.
- Franja de estabilización de 0.60m en sentido San Antonio – Ureña.
- Ancho total de la sección transversal 15m.
- Terraplén 2:1.

Esta sección se muestra en la figura 6.8.

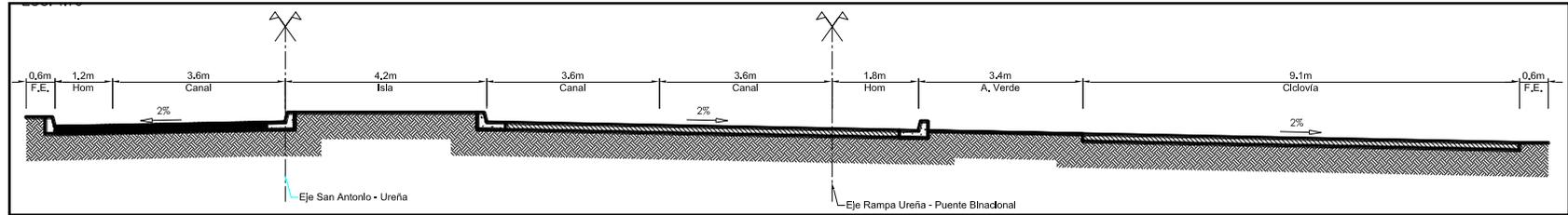


Figura Nº 6.7 Sección Transversal Tipo A-A'

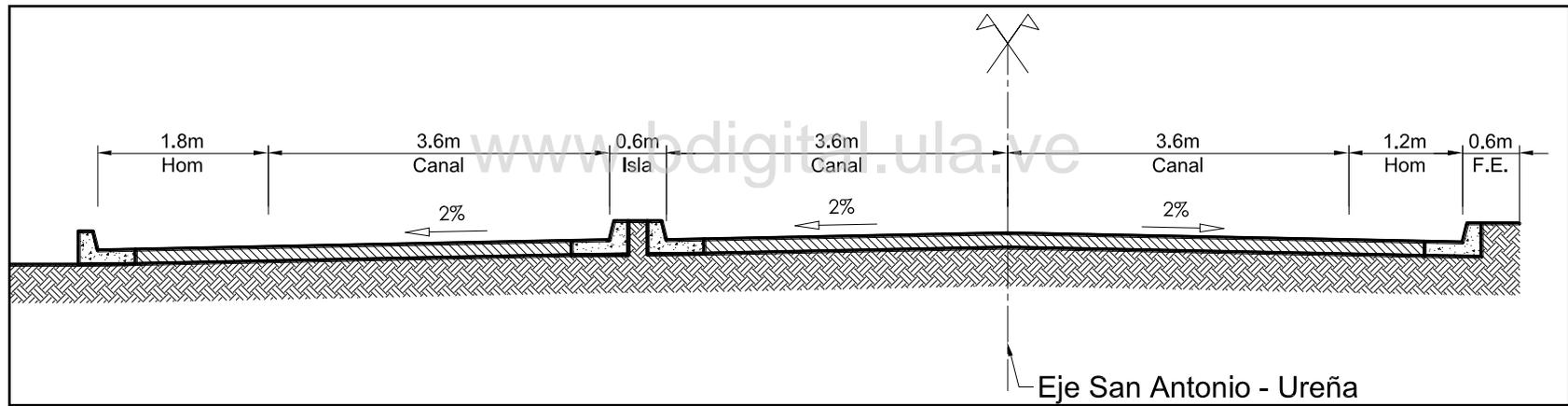


Figura Nº 6.8 Sección Transversal Tipo F-F'

### *Sección Tipo G-G'*

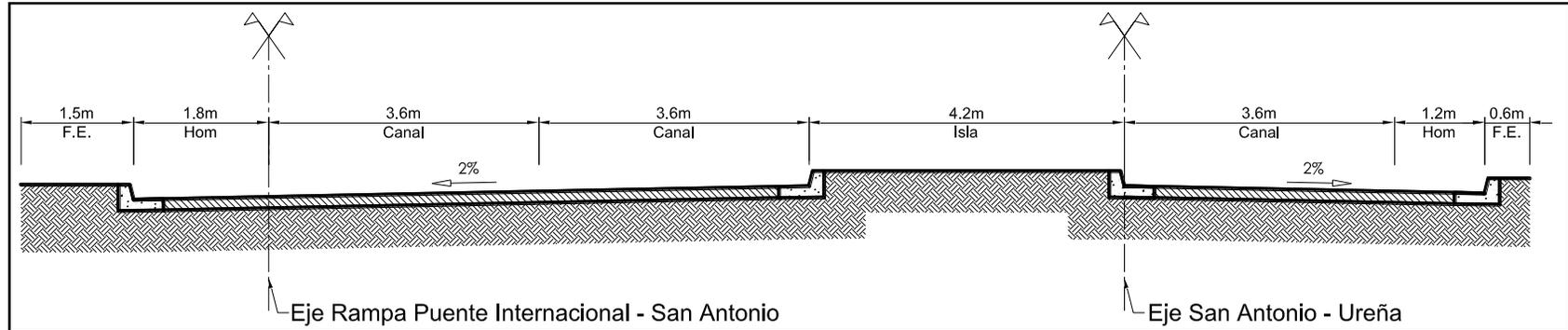
- Un canal de 3.60m en sentido San Antonio – Ureña. Dos canales de 3.60m uno sentido Ureña – San Antonio, y el otro es canal proveniente de la rampa Puente Binacional – San Antonio.
- Hombrillo externo de 1.20 m en sentido San Antonio - Ureña, y de 1.80m de ancho en sentido opuesto. No posee hombrillos internos.
- Bombeo 2%
- Isla de ancho 4.20m. Hombrillos e Isla delimitados por brocales tipo B-1.
- Franja de estabilización de 0.60m en sentido San Antonio – Ureña, y de ancho 1.5m en sentido opuesto.
- Ancho total de la sección transversal 20.10m.
- Terraplén 2:1.

En la figura 6.9 se muestra la sección G-G'.

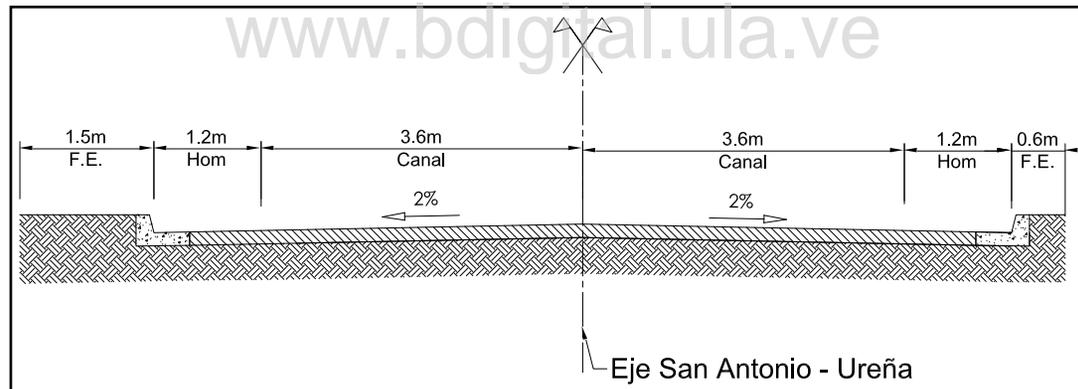
### *Sección Tipo H-H'*

- Un canal de 3.60m para cada sentido de circulación.
- Hombrillo externo de 1.20 m para cada sentido de circulación.
- Franja de estabilización de 0.60m en sentido San Antonio – Ureña, y de ancho 1.5m en sentido opuesto.
- Ancho total de la sección transversal 11.70m.
- Terraplén 2:1.

En la figura 6.10 se muestra la sección H-H'. En el anexo II-15 y II-16 se representan las secciones transversales de la vía San Antonio - Ureña.



**Figura N° 6.9** Sección Transversal Tipo G-G'



**Figura N° 6.10** Sección Transversal Tipo H-H'

### 6.5.2 Rampa Ureña – Puente Binacional

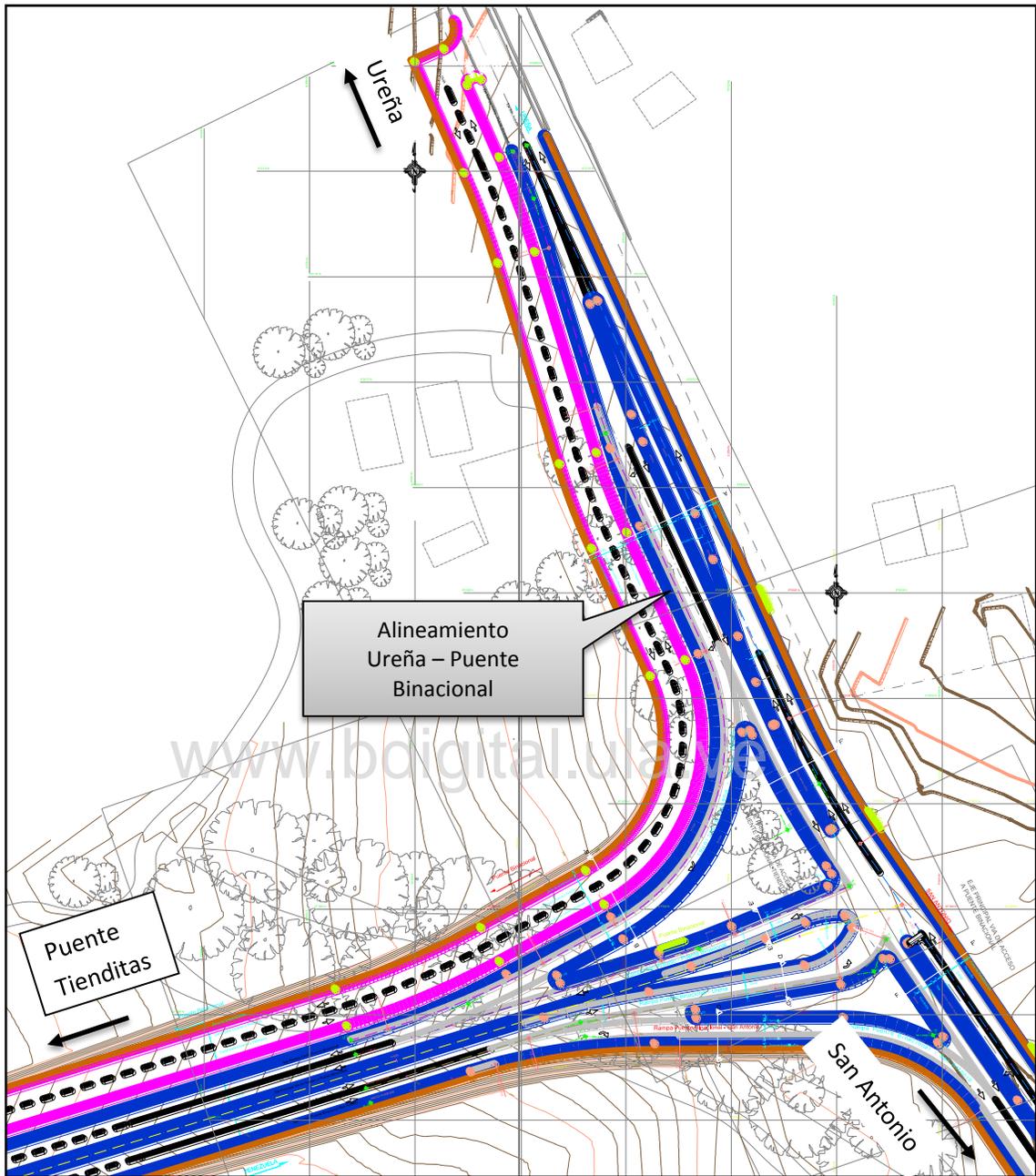
#### ✓ Alineamiento horizontal

El trazado horizontal de la rampa Ureña – Puente Binacional parte del borde derecho del canal en sentido Ureña – San Antonio, transitando a un canal exclusivo de giro a la derecha, por medio de rectas y curvas de radios entre 50m – 200m, respetando el radio mínimo para la velocidad de diseño considerada. La rampa consta de una longitud de 270.739m. En la Prog. 0+063.847 inicia la transición para el canal exclusivo de giro a la derecha en dirección hacia Puente Binacional Tienditas, la cual culmina en la Prog. 0+093.908. Paralela a esta rampa es la geometría de la ciclovía, la cual será explicada con más detalle en la sección transversal. En la tabla 6.4 se presentan las coordenadas y elementos del alineamiento Ureña – Puente Binacional. Ver figura 6.11.

**Tabla Nº 6.4** Coordenadas y elementos del alineamiento Ureña – Puente Binacional.

COORDENADAS DE PROYECTO ALINEAMIENTO UREÑA - PUENTE BINACIONAL						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
INI	FIN				NORTE	ESTE
				U-0	872129.655	781873.195
U-0	U-1	S 24°02'57" E	12.211	U-1	872118.504	781878.172
U-1	U-2	S 17°03'42" E	58.275	U-2	872062.794	781895.269
U-2	U-3	S 24°37'21" E	103.381	U-3	871968.813	781938.342
U-3	U-4	S 61°22'06" W	86.116	U-4	871927.548	781862.756
U-4	U-5	S 72°50'08" W	29.135	U-5	871918.950	781834.918

CUADRO DE CURVAS ALINEAMIENTO UREÑA - PUENTE BINACIONAL					
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	TANGENTE	CUERDA
U1	06°59'15"	200.000	24.391	12.211	24.376
U2	07°33'39"	100.000	13.196	6.608	13.187
U3	85°59'27"	50.000	75.041	46.618	68.194
U4	11°28'2"	200.000	40.028	20.081	39.961



**Figura N° 6.11** Alineamiento Rampa Ureña – Puente Binacional.

Los planos detallados de la intersección se pueden apreciar en los anexos II-11, II-12 y II-13.

### ✓ **Alineamiento vertical**

El trazado en vertical del alineamiento se ajustará a la nueva rasante de la vía San Antonio – Ureña, a partir de la Prog. 0+000 hasta la Prog. 0+127.191, en donde comienza una recta de longitud 63.081 al 0.26% de pendiente, llegando a la Prog. 0+190.272 que es la tangente de entrada a una curva convexa de 40m de longitud, y la tangente de salida de la curva se da en la Prog. 0+230.272, donde inicia una recta al 2.37% en 40.466m, la cual empalmará con la rasante del alineamiento principal de la vía de acceso al Puente Binacional Tienditas. En el anexo II-17 se muestra el perfil longitudinal.

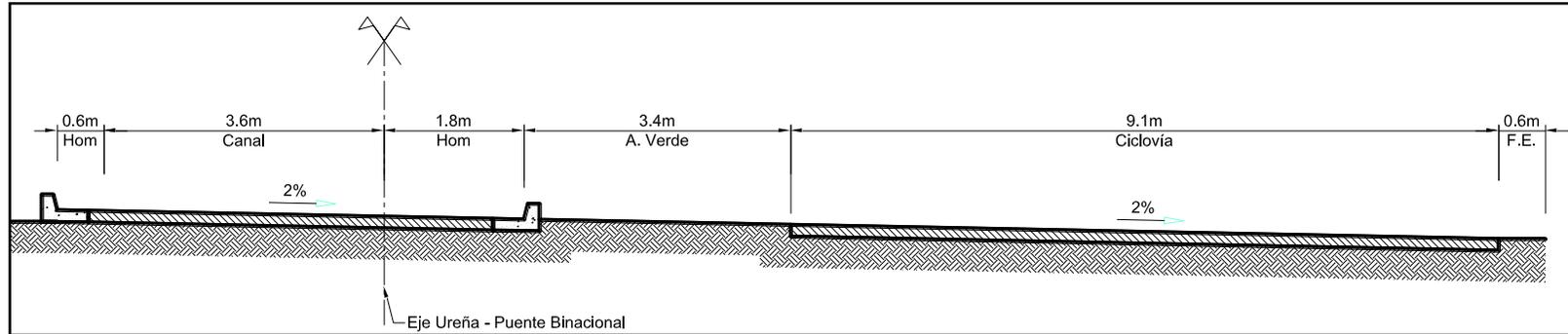
### ✓ **Sección transversal**

La sección transversal de la rampa Ureña – Puente Binacional es la denominada B-B', y está compuesta por los siguientes elementos:

*Sección Tipo B-B'*

- ✓ Un canal de 3.60m sentido Ureña – Puente Binacional.
- ✓ Hombrillo interno de 1.80m y hombrillo externo de 0.60m, hombrillos delimitados por brocales tipo B-1.
- ✓ Bombeo 2%
- ✓ Área verde de 3.428m.
- ✓ Ciclovía de ancho 9.10m.
- ✓ Franja de estabilización de 0.6m del lado de la Ciclovía.
- ✓ Ancho total de la sección transversal 19.128m.
- ✓ Terraplén 2:1.

En la figura 6.12 se muestra la sección tipo B-B'. Las secciones transversales de la rampa Ureña – Puente Binacional, están representadas en el anexo II-18.



**Figura Nº 6.12** Sección Transversal Tipo B-B'

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

### 6.5.3 Rampa San Antonio – Puente Binacional

#### ✓ Alineamiento horizontal

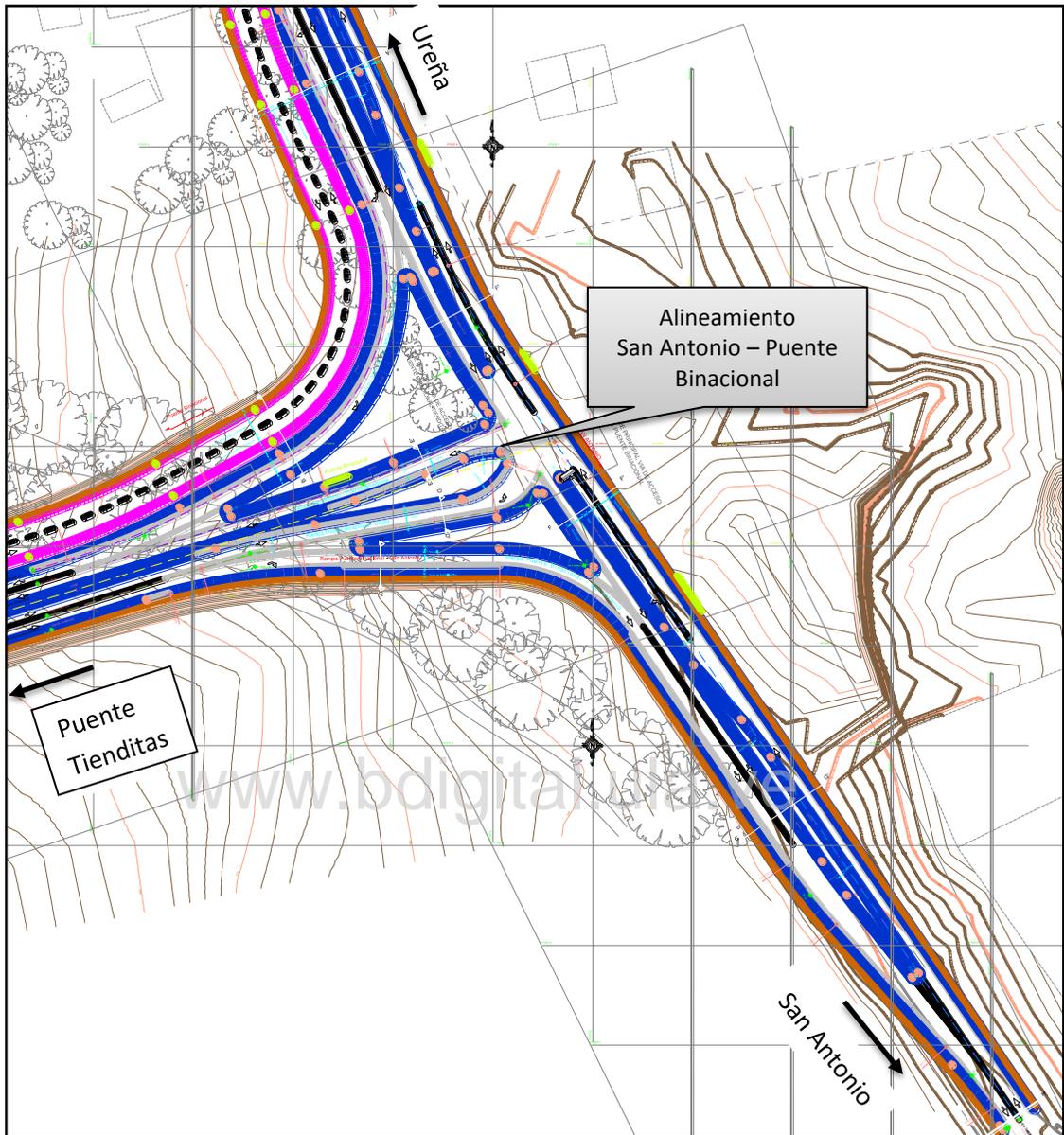
El alineamiento horizontal de la rampa San Antonio – Puente Binacional, consta de dos rectas enlazadas por una curva horizontal de radio 196.40m en dirección suroeste; cuenta con una longitud de 123.790m. Los planos detallados de la intersección se pueden apreciar en los anexos II-11, II-12 y II-13.

Esta rampa recibe el tráfico que viene del canal exclusivo de giro a la izquierda de la vía San Antonio – Ureña, que fue explicado anteriormente. En la tabla 6.5, se tienen las coordenadas de proyecto del alineamiento, así como los elementos de la curva que lo compone. Ver figura 6.13.

**Tabla Nº 6.5.** Coordenadas y elementos del alineamiento San Antonio – Puente Binacional.

COORDENADAS DE PROYECTO ALINEAMIENTO RAMPA SAN ANTONIO - PUENTE BINACIONAL						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
INI	FIN				NORTE	ESTE
				S-0	871955.479	781953.030
S-0	S-1	S 67°25'43" W	38.688	S-1	871940.630	781917.306
S-1	S-2	S 72°50'08" W	85.116	S-2	871915.510	781835.981

CUADRO DE CURVAS ALINEAMIENTO RAMPA SAN ANTONIO - PUENTE BINACIONAL					
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	TANGENTE	CUERDA
S1	05°24'24"	196.400	18.533	9.274	18.527



**Figura N° 6.13** Alineamiento Rampa San Antonio – Puente Binacional.

✓ **Alineamiento vertical**

Inicialmente en la Prog. 0+000 la rasante de la rampa, empalma con la nueva rasante de la vía San Antonio Ureña, manteniendo la pendiente transversal de ésta última (bombeo 2%), dando entrada en la Prog. 0+001.839 a una curva cóncava de 10m de longitud, para luego presentar una recta al 0.13%

en una longitud de 39.870m, hasta la Prog. 0+051.709 donde inicia una curva vertical convexa de 40m de longitud. A la salida de esta curva se tiene la recta que empalmará con la rasante de la vía de acceso a Puente Binacional Tienditas, con una pendiente de 2.37% en una longitud de 32.081m.

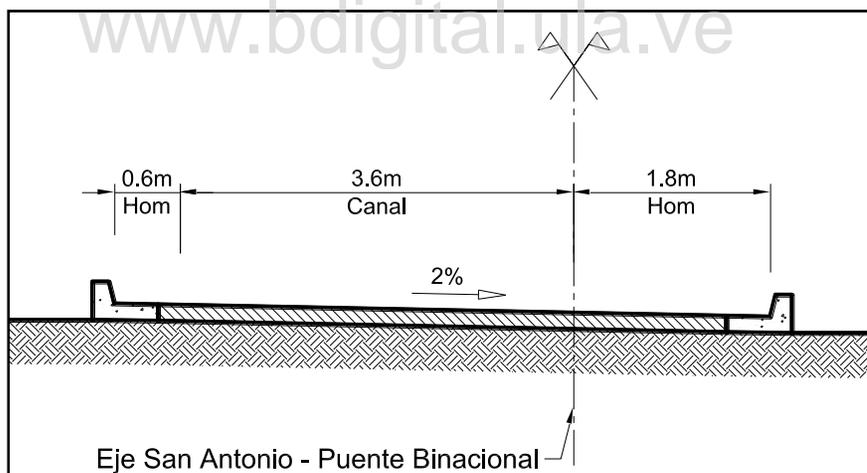
En el anexo II-19 se muestra el perfil longitudinal.

✓ **Sección transversal**

*Sección Tipo E-E'*

- Un canal de 3.60m.
- Hombrillo interno de 0.60, y hombrillo externo de 1.80m. Los hombrillos están delimitados por Brocal tipo B-1.
- Ancho total de la sección transversal 6.00m.

En la figura 6.14 se muestra la sección E-E'.



**Figura Nº 6.14** Sección Transversal Tipo E-E'

Las secciones transversales de la rampa San Antonio – Puente Binacional, están representadas en el anexo II-18.

#### 6.5.4 Rampa Puente Binacional – Ureña

##### ✓ Alineamiento horizontal

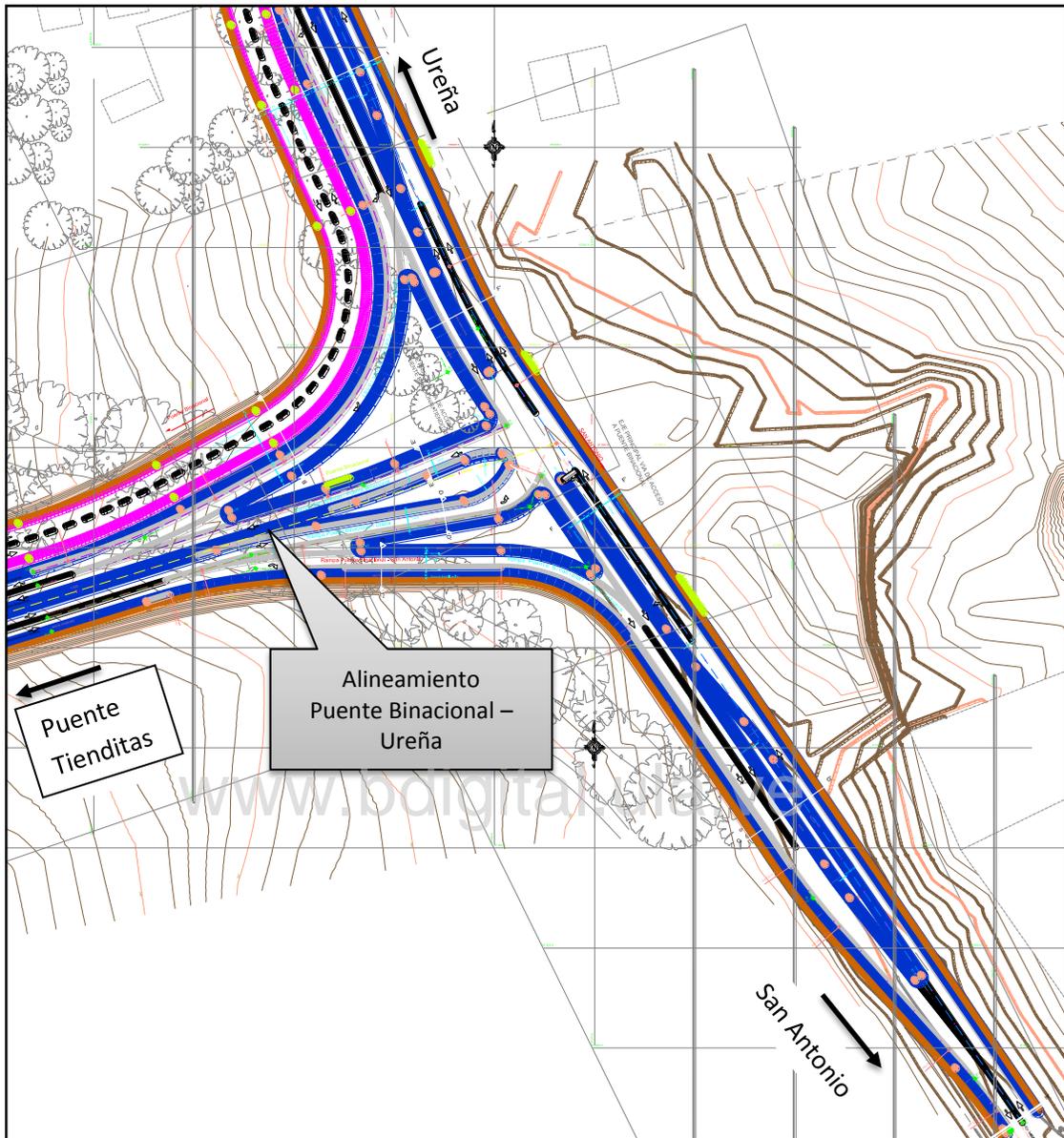
El trazado está compuesto de tres rectas enlazadas por dos curvas de radios 200m y 14.2m. Para este último radio no se cumple con el radio mínimo fijado, porque el vehículo debe parar y ceder el paso a los vehículos que van sentido Ureña – San Antonio (ver alineamiento en los planos correspondientes a plantas de la intersección anexos II-11, II-12 y II-13).

En la siguiente tabla número 6.6, se muestran las coordenadas de proyecto del alineamiento Puente Binacional – Ureña, y los elementos de las curvas que lo componen. Ver figura 6.15.

**Tabla N° 6.6** Coordenadas y elementos del alineamiento Puente Binacional – Ureña.

COORDENADAS DE PROYECTO ALINEAMIENTO PUENTE BINACIONAL - UREÑA						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
INI	FIN				NORTE	ESTE
				T-0	871907.485	781838.460
T-0	T-1	N 72°50'08" E	53.191	T-1	871923.182	781889.282
T-1	T-2	N 80°11'47" E	70.578	T-2	871935.200	781958.829
T-2	T-3	N 20°18'49" E	8.179	T-3	871942.870	781961.668

CUADRO DE CURVAS ALINEAMIENTO PUENTE BINACIONAL - UREÑA					
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	TANGENTE	CUERDA
T1	07°21'39"	200.000	25.694	12.865	25.677
T2	59°52'58"	14.200	14.841	8.179	14.175



**Figura Nº 6.15** Alineamiento Rampa Puente Binacional – Ureña.

✓ **Alineamiento vertical**

El alineamiento vertical de la rampa Puente Binacional – Ureña inicia en la Prog. 0+000 con el empalme con la vía de acceso al Puente Binacional Tienditas, con una pendiente del 2.37% en una longitud de 32.081m, punto en el cual inicia una curva convexa de 40m de longitud, hasta la Prog.

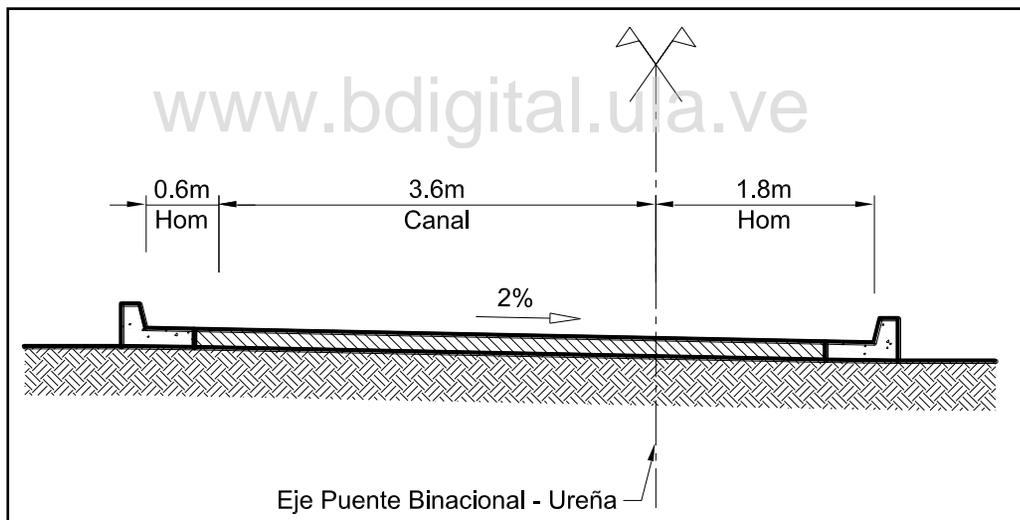
0+072.081 que comienza una recta de pendiente 0.242% en una distancia de 46.213m, para dar inicio a la curva convexa de longitud 10m, la cual empalmará con el alineamiento San Antonio – Ureña. En el anexo II-20 se muestra el perfil longitudinal.

✓ **Sección transversal**

*Sección Tipo D-D'*

- Un canal de 3.60m.
- Hombrillo interno de 0.60, y hombrillo externo de 1.80m. Los hombrillos están delimitados por Brocal tipo B-1.
- Ancho total de la sección transversal 6.00m.

En la figura 6.16 se muestra la sección D-D'.



**Figura N° 6.16** Sección Transversal Tipo D-D'

Las secciones transversales de la rampa Puente Binacional – Ureña, están representadas en el anexo II-21.

### 6.5.5 Rampa Puente Binacional – San Antonio

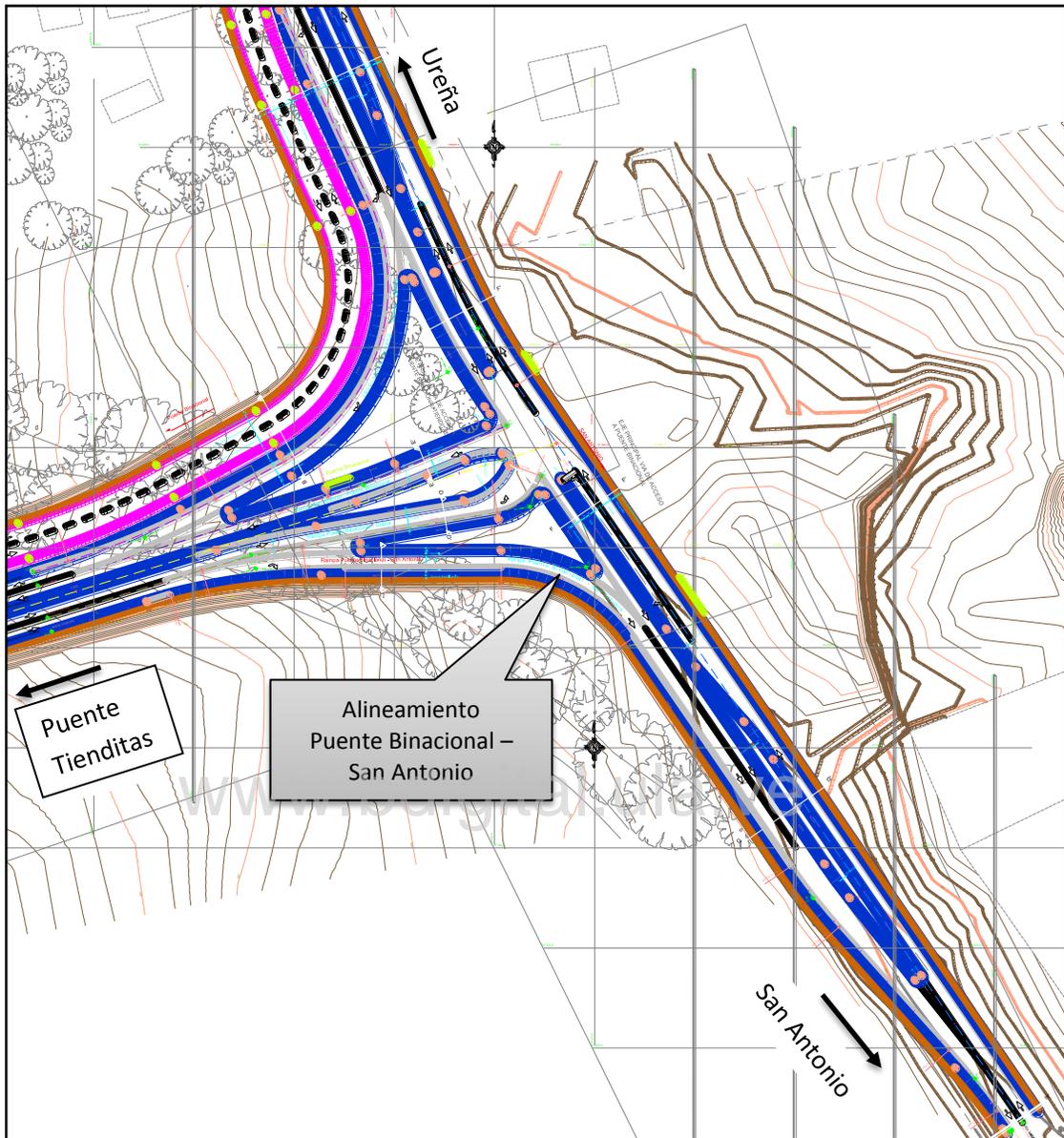
#### ✓ Alineamiento horizontal

El trazado horizontal está compuestas de rectas y curvas circulares de radio mínimo 40m. Esta rampa conduce el tráfico de forma canalizada hacia la vía San Antonio – Ureña, en dirección a San Antonio; tiene una longitud de 308.470m y en la Prog. 0+222.502 comienza la transición para la incorporación del canal de la rampa, a la vía San Antonio – Ureña. Seguidamente se muestra en la tabla 6.7 la información correspondiente a las coordenadas de proyecto y los elementos de las curvas del alineamiento. Los planos detallados de la intersección se pueden apreciar en los anexos II-11, II-12 y II-13. Ver figura 6.17.

**Tabla Nº 6.7** Coordenadas y elementos del alineamiento Puente Binacional – San Antonio.

COORDENADAS DE PROYECTO ALINEAMIENTO RAMPA PUENTE BINACIONAL - SAN ANTONIO						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
INI	FIN				NORTE	ESTE
				R-0	871904.045	781839.522
R-0	R-1	N 72°50'08" E	53.312	R-1	871919.778	781890.460
R-1	R-2	N 89°45'45" E	82.431	R-2	871920.120	781972.890
R-2	R-3	S 34°24'50" E	100.183	R-3	871837.472	782029.510
R-3	R-4	S 41°48'29" E	60.609	R-4	871792.295	782069.914
R-4	R-5	S 34°24'50" E	15.721	R-5	871779.326	782078.799

CUADRO DE CURVAS ALINEAMIENTO RAMPA PUENTE BINACIONAL - SAN ANTONIO					
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	TANGENTE	CUERDA
R1	16°55'37"	150.000	44.315	22.320	44.154
R2	55°49'25"	40.000	38.972	21.189	37.449
R3	07°23'39"	150.000	19.358	9.692	19.344
R4	07°23'39"	150.000	19.358	9.692	19.344



**Figura N° 6.17** Alineamiento Rampa Puente Binacional – San Antonio.

✓ **Alineamiento vertical**

El alineamiento vertical de la rampa Puente Binacional – San Antonio inicia en la Prog. 0+000 con el empalme con la vía de acceso al Puente Binacional Tienditas, con una pendiente del 2.37% en una longitud de 32.081m, punto en el cual inicia una curva convexa de 40m de longitud, hasta la Prog.

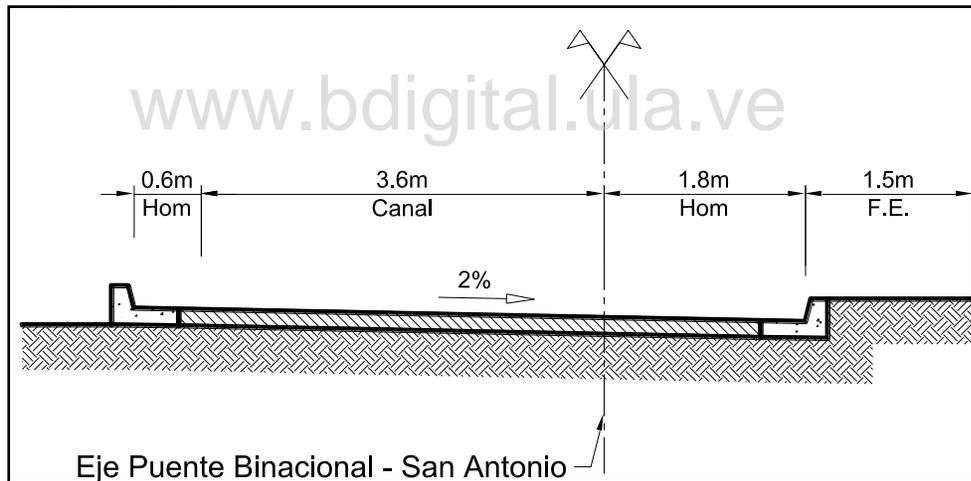
0+072.081 que comienza una recta de pendiente 0.491% en una distancia de 81.135, hasta la Prog. 153.216 en donde empalma con la nueva rasante de la vía San Antonio – Ureña. En el anexo II-22 se muestra el perfil longitudinal.

✓ **Sección transversal**

*Sección Tipo C-C'*

- Un canal de 3.60m.
- Hombrillo interno de 0.60, y hombrillo externo de 1.80m. Los hombrillos están delimitados por Brocal tipo B-1.
- Franja de estabilización de 1.6m del lado derecho.
- Ancho total de la sección transversal 7.50m.

En la figura 6.18 se muestra la sección C-C'.



**Figura N° 6.18** Sección Transversal Tipo C-C'

Las secciones transversales de la rampa Puente Binacional – San Antonio, están representadas en el anexo II-21.

## **6.6 Señalización y Demarcación**

Estará conformada de acuerdo a los lineamientos técnicos Instituto Nacional de Transporte Terrestre (2009)<sup>15</sup>, tomando en consideración las condiciones de diseño de la vía y sus adyacencias. En los planos se especifican las dimensiones de las señales, así como la ubicación en los laterales de la vía.

Es importante que la señalización y demarcación se haga con las normas técnicas especificadas, ya que esto puede evitar en gran medida el índice de accidentes de tránsito, y de esta manera reforzar la seguridad vial de la carretera.

De acuerdo a estudios recientes el 95% de los accidentes ocurren por imprudencia del conductor, de tal manera, es importante crear conciencia en los ciudadanos en respetar las Normas y Reglamentos de Circulación Vial.

### **Consideraciones Generales**

- ✓ La demarcación será de resina termoplástica con micro-esferas de Vidrio reflectivo blanco de 1,5 mm de espesor.
- ✓ Las señalizaciones son de material retrorreflectivo de acero galvanizado de espesor calibre 16. Diseño tomado del manual venezolano de dispositivos uniformes para el control del tránsito.
- ✓ Los dispositivos "ojos de gato", están compuestos de dos lentes reflectivo color blanco.
- ✓ Las defensas flex-beam, son de acero galvanizado según Norma ASTM A-123-97, calidad G-200.
- ✓ Pintar el espaldón del brocal de color amarillo.

Los planos de señalización y demarcación se muestran en los anexos II-23, II-24, y II-25.

## **CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los proyectos de carreteras deben estar sujetos a las normativas que corresponden a cada país, así como a las necesidades y requerimientos del tráfico que utilizará las nuevas vialidades, tomando en consideración las exigencias gubernamentales, que en muchas ocasiones es el criterio que prevalece.

El estudio de tráfico es fundamental en la fase preliminar de proyecto, ya que permite realizar estimaciones de volúmenes a futuro, de volúmenes atraídos, también permite conocer el comportamiento y composición vehicular, indicadores del tráfico, lo que a su vez ayuda a seleccionar el vehículo de diseño más conveniente según sea el caso. Se realizaron las estimaciones de tráfico futuro para 5 y 20 años, considerando un análisis a corto plazo para evaluar la implantación de una intersección a nivel, y a largo plazo para estudiar la necesidad de una solución a desnivel, cuando se cuente con una infraestructura vial más amplia, que contemple el proyecto del eje fronterizo San Cristóbal – Rubio – San Antonio – Ureña.

Los modelos matemáticos son ampliamente usados en el área de tránsito y transporte, y para este trabajo en particular se empleó el método Logit, que permitió realizar de manera satisfactoria la asignación del tráfico para un modelo binario, considerando sólo el tiempo como una variable dependiente. Para un análisis más detallado se pueden emplear otros factores, tales como costos de viaje, longitud, calidad de la vía, peaje, entre otros.

A partir de los resultados obtenidos en la repartición del tráfico, se puede entender que para un completo funcionamiento del nuevo Puente Tienditas, se hace necesario mejorar la vía existente San Antonio – Ureña, para darle un mayor atractivo con disminución en los tiempos de viaje.

El análisis operacional realizado para intersecciones no semaforizadas controladas por pare o ceda el paso, arrojó resultados satisfactorios para los distintos movimientos analizados, y tomando en cuenta que se trata de una solución provisional, se considera aceptable. Es importante señalar, el efecto positivo en la reducción de demoras en la intersección, que proporciona la canalización de los distintos movimientos, como se demostró en el presente trabajo de aplicación.

En conformidad con los antecedentes y las exigencias gubernamentales, se procedió a realizar el diseño geométrico de la vialidad de acceso al Puente Binacional Tienditas, para la sección de diseño estipulada para el puente, siguiendo los criterios dados por el MTC (1985)<sup>1</sup>.

La vialidad de acceso enlaza el Puente Binacional Tienditas (tres canales por sentido) con la carretera San Antonio – Ureña (un canal por sentido), dicho trazado está sujeto a la ubicación dada para la conexión, y se consideraron también las transiciones respectivas para las entradas y salidas a las instalaciones del Centro Nacional de Fronteras (CENAF), SENIAT y Guardia Nacional. Además, se proporcionó un área para dichas instalaciones, según las exigencias del Ministerio del Poder Popular para el Transporte Terrestre. Es importante indicar que este estudio da continuidad a los alcances y lineamientos del documento denominado: Proyecto pase fronterizo Venezuela-Colombia, sectores Las Tienditas – Villa Silvania.

Considerando el impacto del Puente Binacional Tienditas sobre la utilización de la red vial existente y el desarrollo socio económico de la zona, se recomienda la continuación de proyectos que deben desarrollarse, los

cuales conformarían la primera etapa del Eje Vial Peracal -Ureña - Aguas Calientes, tales como:

- ✓ Construcción de Distribuidor para interconexión de la Vía de Acceso al Puente Tienditas con la Carretera San Antonio - Ureña.
- ✓ Ampliación de la Carretera San Antonio - Ureña (COL-10), futura Avenida Intercomunal en el tramo entre la Vía de Acceso al Puente Tienditas y San Antonio del Táchira.
- ✓ Enlace Vía Peracal – Av. Intercomunal, a través de la ampliación y mejoras de la COL-12 y COL-13, en la ciudad de San Antonio del Táchira.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (1985). *Normas de Proyectos de Carreteras*. Caracas. Dirección General de Vialidad.
2. AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, D.C.
3. Carciente, J. (1980). *Carreteras Estudio y Proyecto (2<sup>da</sup> ed.)*. Caracas, Venezuela: Ediciones Vega, s.r.l.
4. Andueza, P. (1999). *El Diseño Geométrico de Carreteras (1<sup>a</sup> ed.)*. Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes.
5. Barboza, R. (1997). *Diseño de Intersecciones a Nivel. Zulia, Venezuela. Universidad del Zulia*.
6. Andueza, P. (2013). *Diseño Funcional de Intersecciones a Nivel (1<sup>a</sup>ed.)*. Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes. Publicaciones Vicerrectorado Académico.
7. Radelat, G. (2003). *Principios de Ingeniería de Tránsito*. Washington, D.C. Institute of Transportation Engineers.
8. Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito (8<sup>a</sup>ed.)*. México D.F.: Alfaomega.
9. Garber, N. y Hoel, L. (2005). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras (3<sup>a</sup>ed.)*. México: Thomson.
10. Girardotti, L. (2003). *Planeamiento del Transporte*. Aragua, Venezuela. Universidad Bicentenario de Aragua.
11. Matas, A., Raymond, J., Gonzalez, M. y Ruiz, A. (2009). *“La predicción de la demanda en la evaluación de Proyectos”*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras públicas. Ministerio de Fomento. España.
12. Highway Capacity Manual. (2010). Transportation Research Board.

13. Rujano, I. (2015). *Análisis de Medidas de Bajo Costo en carreteras rurales de dos canales*. Tesis de Maestría aún no publicada. Universidad de Los Andes, Mérida.
14. Kraemer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., Sánchez, V., Val, M. (2003). *Ingeniería de Carreteras Volumen I (1<sup>ra</sup> ed.)*. Madrid: Mc Graw Hill.
15. Instituto Nacional de Transporte Terrestre (2009). *Manual venezolano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. INTT, FONTUR CIDT. Caracas.
16. Corredor, G. (2004). *Apuntes de Pavimentos (Volumen 1)*. Caracas, Venezuela. Universidad Católica Andrés Bello.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## BIBLIOGRAFIA

AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, D.C.

Alcaldía de Cúcuta. *Plan Integral de Tránsito y Transporte para el Municipio de San José de Cúcuta y su Área metropolitana Binacional*. Informes 3 y 4, Septiembre 2007.

Alcaldía San Antonio. *Conteos de tráfico del eje San Antonio Ureña. Informe de Ordenamiento Urbano*. 2007.

Andueza, P. (1999). *El Diseño Geométrico de Carreteras (1ª ed.)*. Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes.

Andueza, P. (2013). *Diseño Funcional de Intersecciones a Nivel (1ª ed.)*. Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes. Publicaciones Vicerrectorado Académico.

Bañón, L., Beviá, J. (2000). *Manual de Carreteras (1ª ed.)*. Alicante, España. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

Barboza, R. (1997). *Diseño de Intersecciones a Nivel*. Zulia, Venezuela. Universidad del Zulia.

Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito (8ª ed.)*. México D.F.: Alfaomega.

Carciente, J. (1980). *Carreteras Estudio y Proyecto (2ª ed.)*. Caracas, Venezuela: Ediciones Vega, S.R.L.

- Corredor, G. (2004). *Apuntes de Pavimentos (Volumen 1)*. Caracas, Venezuela. Universidad Católica Andrés Bello.
- Fundación Río Urbano. *Visión Futura de Cúcuta y su Área Metropolitana. La Vialidad y el Transporte, sobre documento titulado "Visión Colombia II, Centenario 2019"*. Cúcuta, 2010.
- Girardotti, L. (2003). *Planeamiento del Transporte*. Aragua, Venezuela. Universidad Bicentennial de Aragua.
- Instituto Nacional de Transporte Terrestre (2009). *Manual venezolano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. INTT, FONTUR CIDT. Caracas.
- Matas, A., Raymond, J., Gonzalez, M. y Ruiz, A. (2009). *La predicción de la demanda en la evaluación de Proyectos*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras públicas. Ministerio de Fomento. España.
- MINFRA Grupo PTU SC. *Plan de Ordenación Urbanística del Microsistema ubicado en el Eje Fronterizo Occidental*. Táchira, 2006.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (1985). *Normas de Proyectos de Carreteras*. Caracas. Dirección General de Vialidad.
- Pérez, A. (2009). *Guía Metodológica para Anteproyectos de Investigación (3<sup>ra</sup> ed.)*. Caracas, Venezuela: FEDUPEL.
- PROEZA Consultores Ltda. *Estudio de Volúmenes de Tráfico del Puente Tienditas*. 2006.
- Radelat, G. (2003). *Principios de Ingeniería de Tránsito*. Washington, D.C. Institute of Transportation Engineers.

Rujano, I. (2015). *Análisis de Medidas de Bajo Costo en carreteras rurales de dos canales*. Tesis de Maestría aún no publicada. Universidad de Los Andes, Mérida.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

**ANEXO I**  
www.bdigital.ula.ve

**Anexo I-1** Congestionamiento en San Antonio de Táchira – Cúcuta - Marzo 2012.



**Anexo I-2** Pase de motocicletas y peatones por acceso puente Ureña -



Cúcuta - Marzo 2012.

**Anexo I-3** Puente Simón Bolívar, marzo 2012.



**Anexo I-4** Resumen de Indicadores de tráfico en los Puentes Internacionales Francisco de Paula Santander y Simón Bolívar.

DESCRIPCION PUENTE	COLOMBIA-VENEZUELA			VENEZUELA-COLOMBIA		
	VOLUMEN MAX (veh/h)	RATA HORARIA (veh/h)	FHP	VOLUMEN MAX (veh/h)	RATA HORARIA (veh/h)	FHP
PUENTE INTERNACIONAL FRANCISCO DE PAULA. UREÑA.	569	628	0.91	723	868	0.83
PUENTE INTERNACIONAL SIMON BOLIVAR. SAN ANTONIO.	556	692	0.80	395	536	0.74

**Anexo I-5** Resumen de porcentajes de vehículos pesados que transitan por los Puentes Internacionales Francisco de Paula Santander y Simón Bolívar.

DESCRIPCION PUENTE	%VP <sub>COLOMBIA-VENEZUELA</sub>	%VP <sub>VENEZUELA-COLOMBIA</sub>	%VP <sub>AMBOS SENTIDOS</sub>
PUENTE INTERNACIONAL FRANCISCO DE PAULA. UREÑA.	18%	15%	16%
PUENTE INTERNACIONAL SIMON BOLIVAR. SAN ANTONIO.	7%	6%	7%

**Anexo I-6** Resumen de PDT estimados en base a las mediciones realizadas en Puentes Internacionales Francisco de Paula Santander y Simón Bolívar.

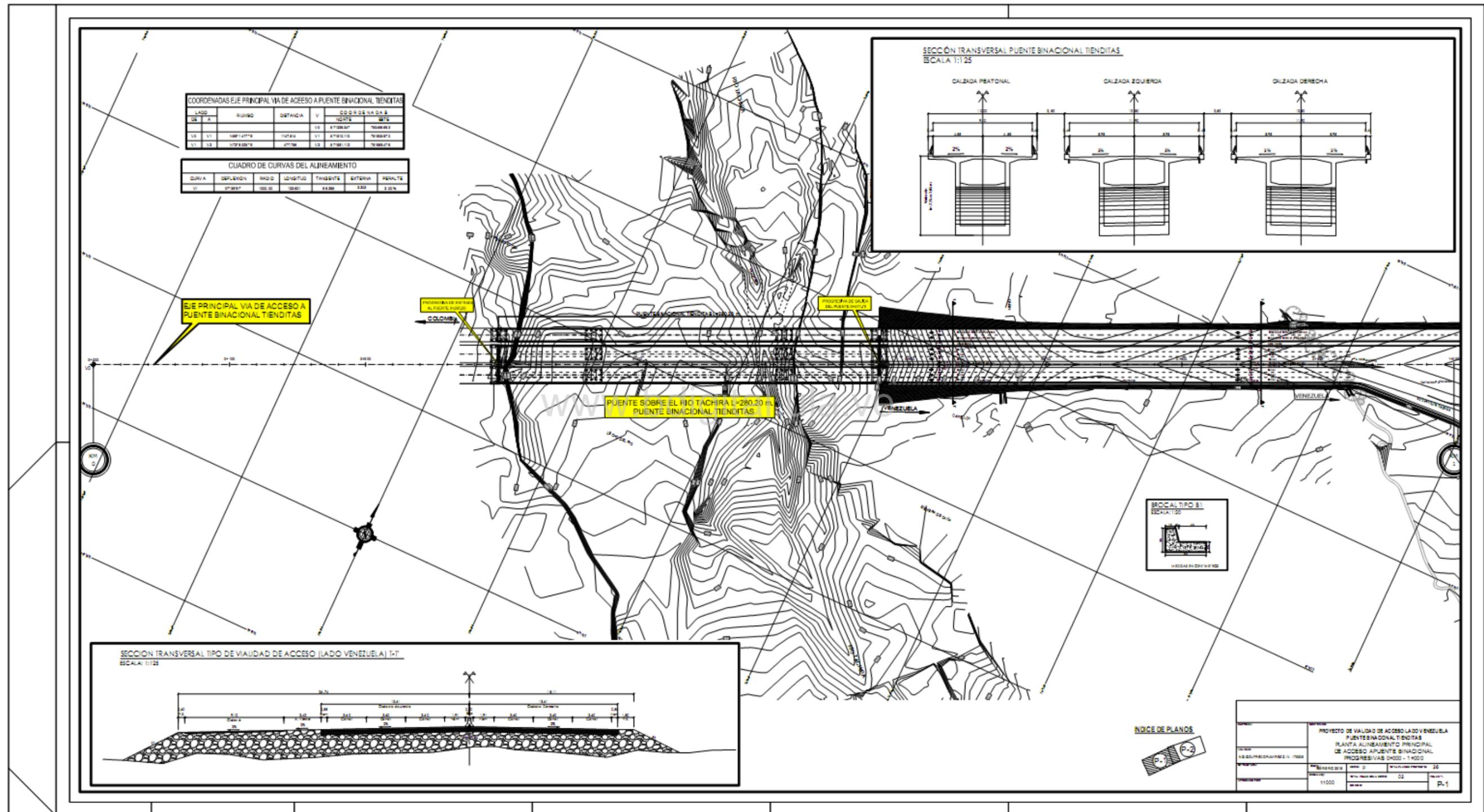
DESCRIPCION PUENTE	PDT ESTIMADO (veh/día)		
	COLOMBIA- VENEZUELA	VENEZUELA- COLOMBIA	AMBOS SENTIDOS
PUENTE INTERNACIONAL FRANCISCO DE PAULA. UREÑA.	7978	8935	16913
PUENTE INTERNACIONAL SIMON BOLIVAR. SAN ANTONIO.	7103	5095	12067

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

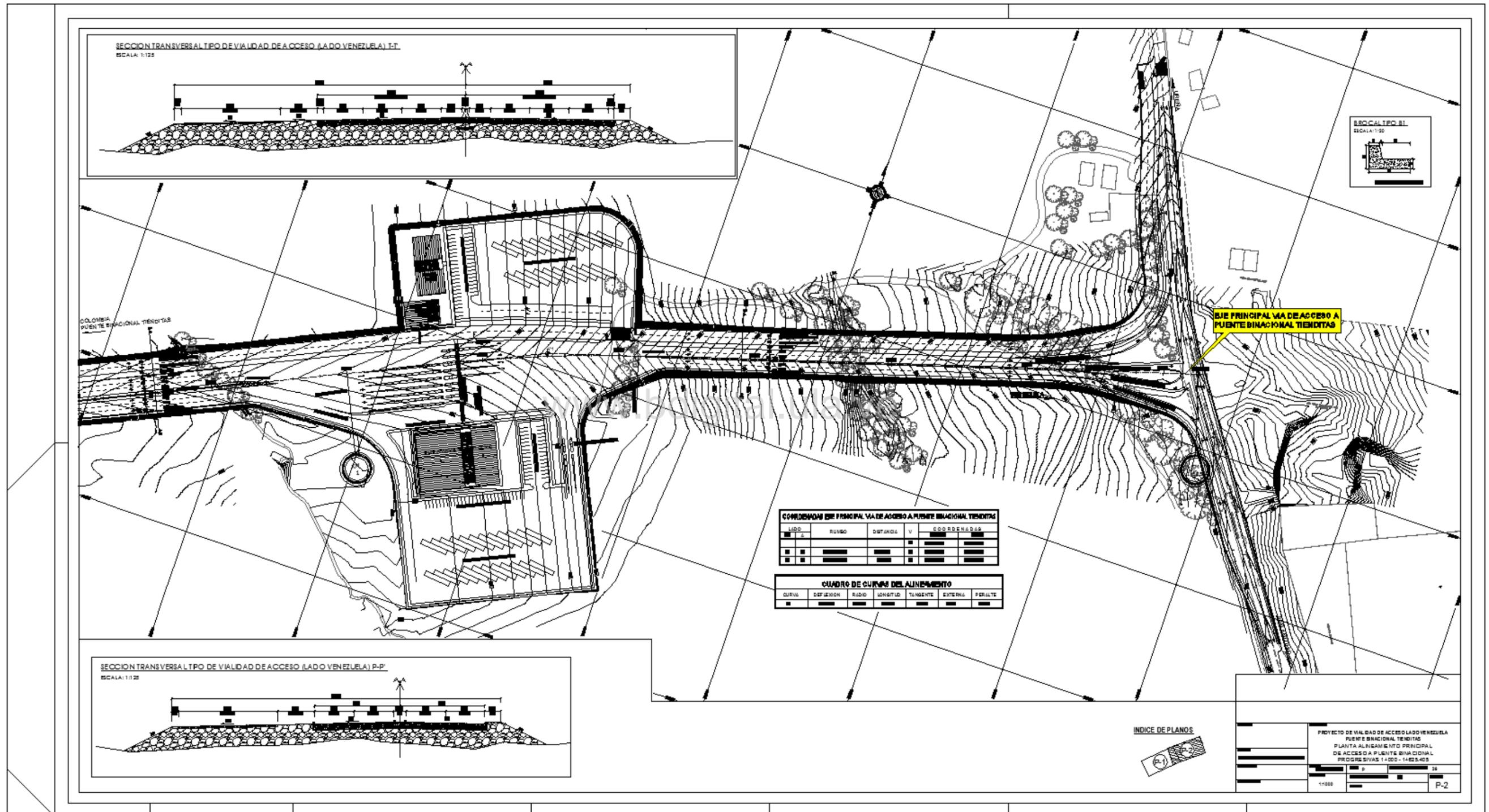
## **ANEXO II**

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

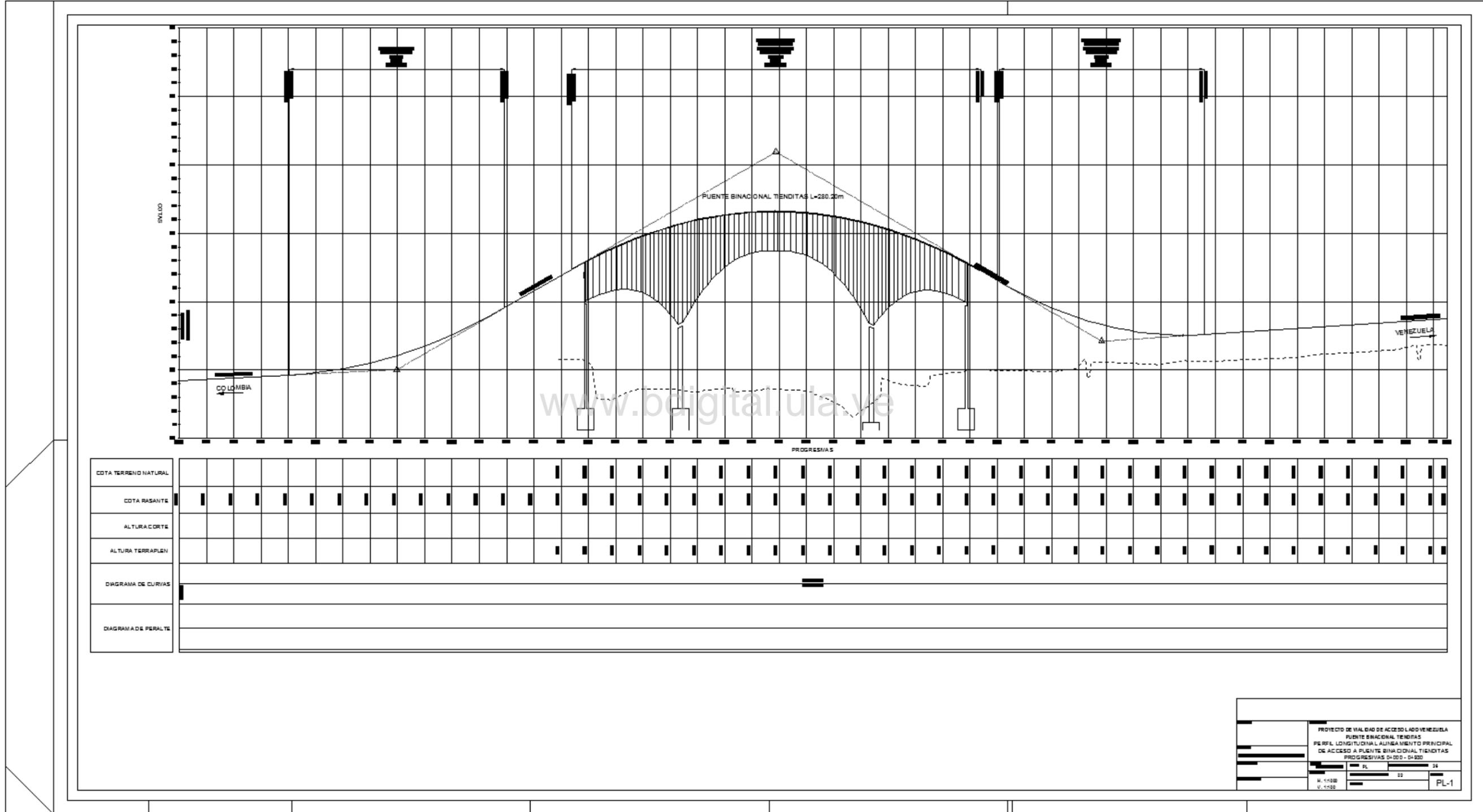
Anexo II-1 Planta de Alineamiento Horizontal de Vialidad de acceso a Puente Binacional Tienditas P-1.



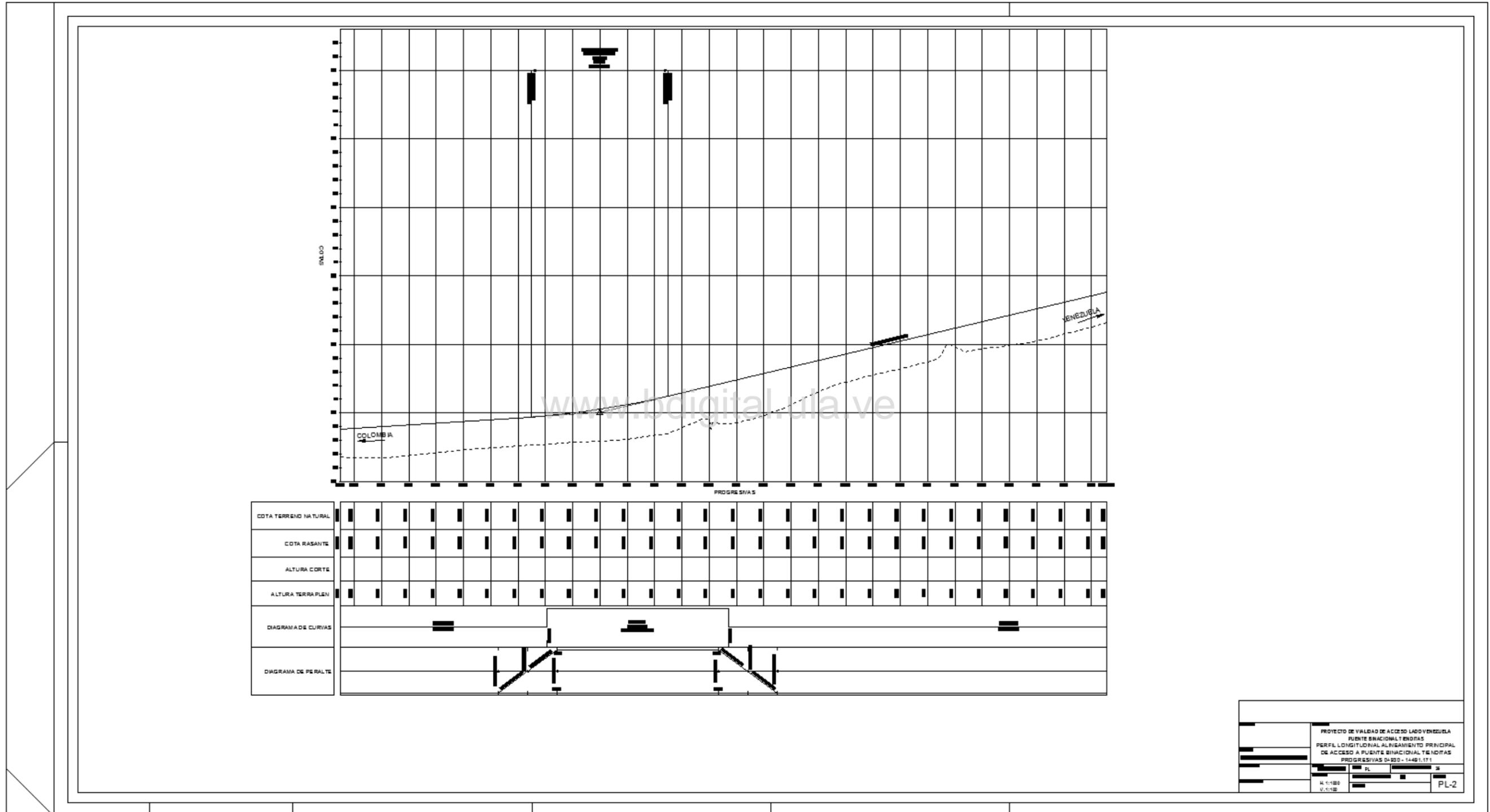
Anexo II-2 Planta de Alineamiento Horizontal de Vialidad de acceso a Puente Binacional Tienditas P-2.



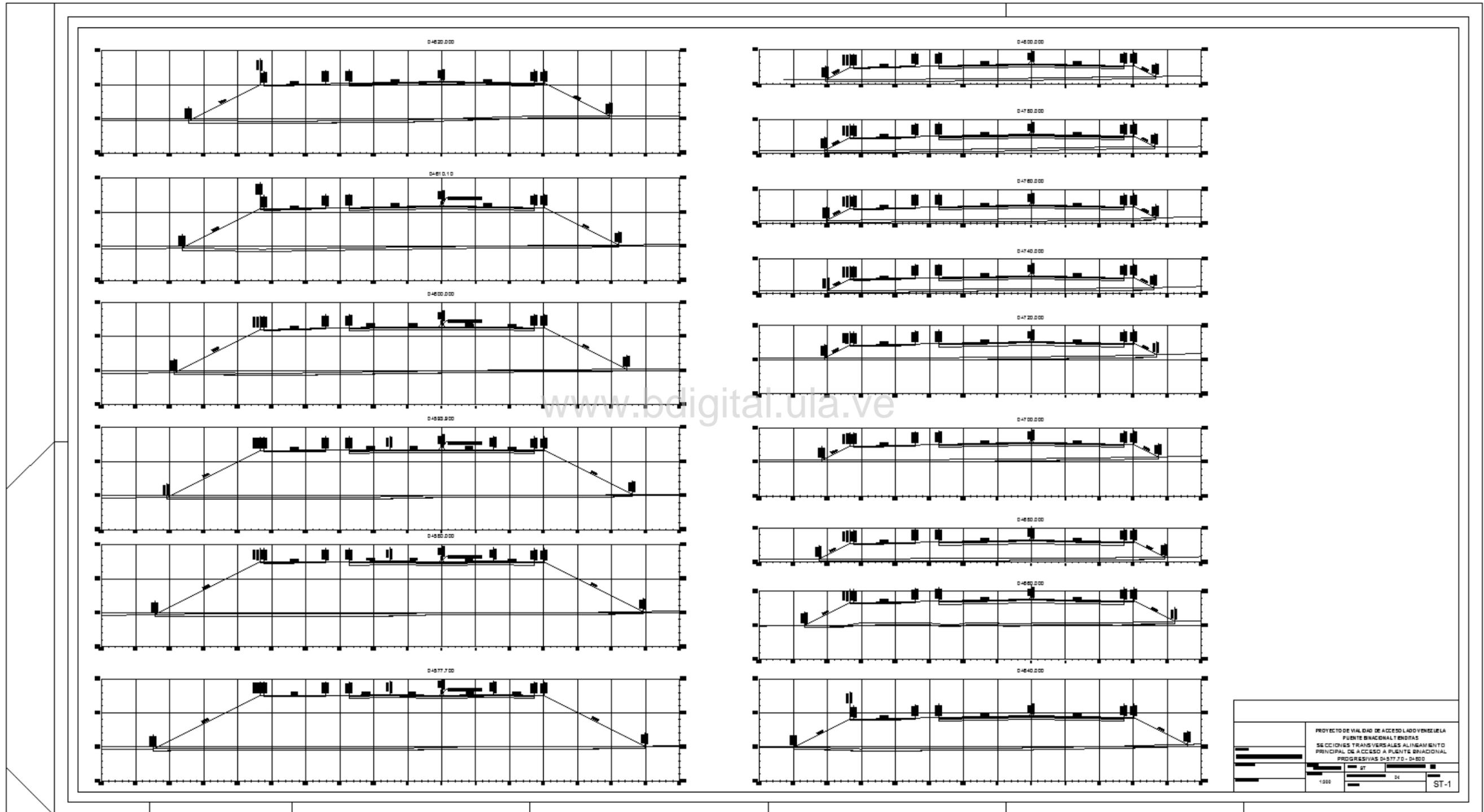
Anexo II-3 Perfil Longitudinal de la Vialidad de acceso a Puente Binacional Tienditas PL-1.



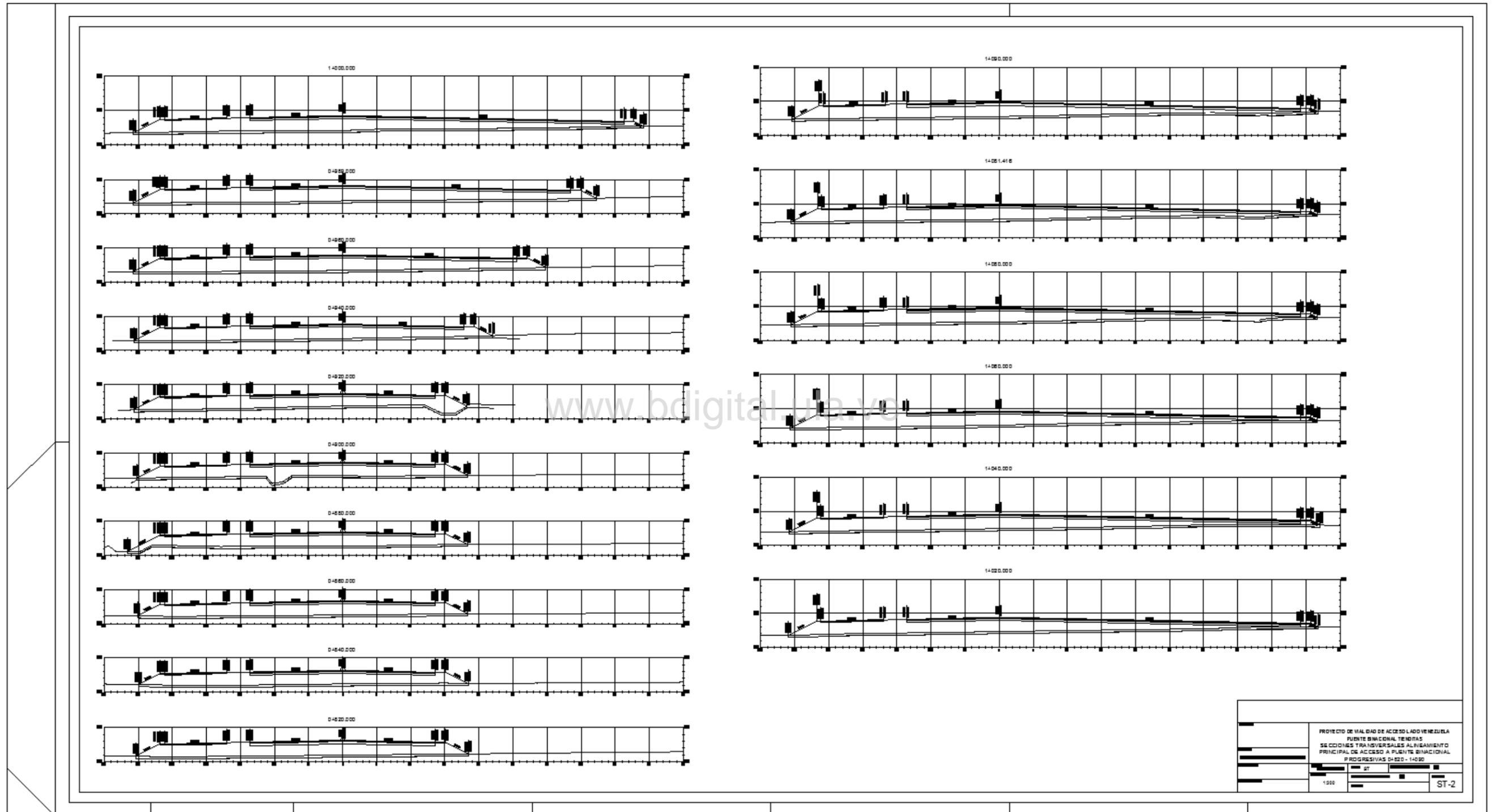
Anexo II-4 Perfil Longitudinal de la Vialidad de acceso a Puente Binacional Tienditas PL-2.



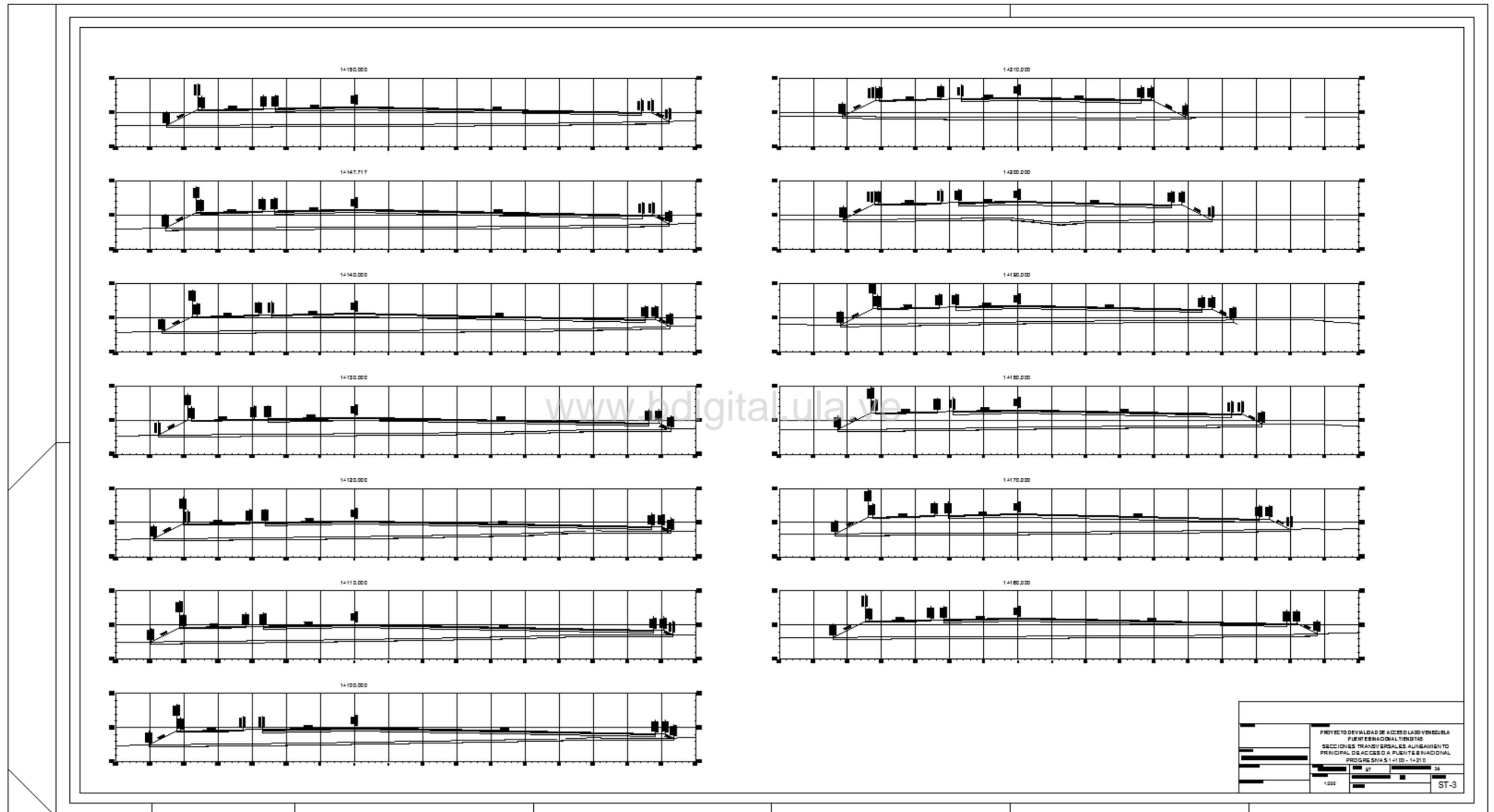
Anexo II-5 Secciones Transversales Alineamiento Principal de acceso a Puente Binacional Tienditas ST-1.



Anexo II-6 Secciones Transversales Alineamiento Principal de acceso a Puente Binacional Tienditas ST-2.



Anexo II-7 Secciones Transversales Alineamiento Principal de acceso a Puente Binacional Tienditas ST-3.



Anexo II-8 Secciones Transversales Alineamiento Principal de acceso a Puente Binacional Tienditas ST-4.

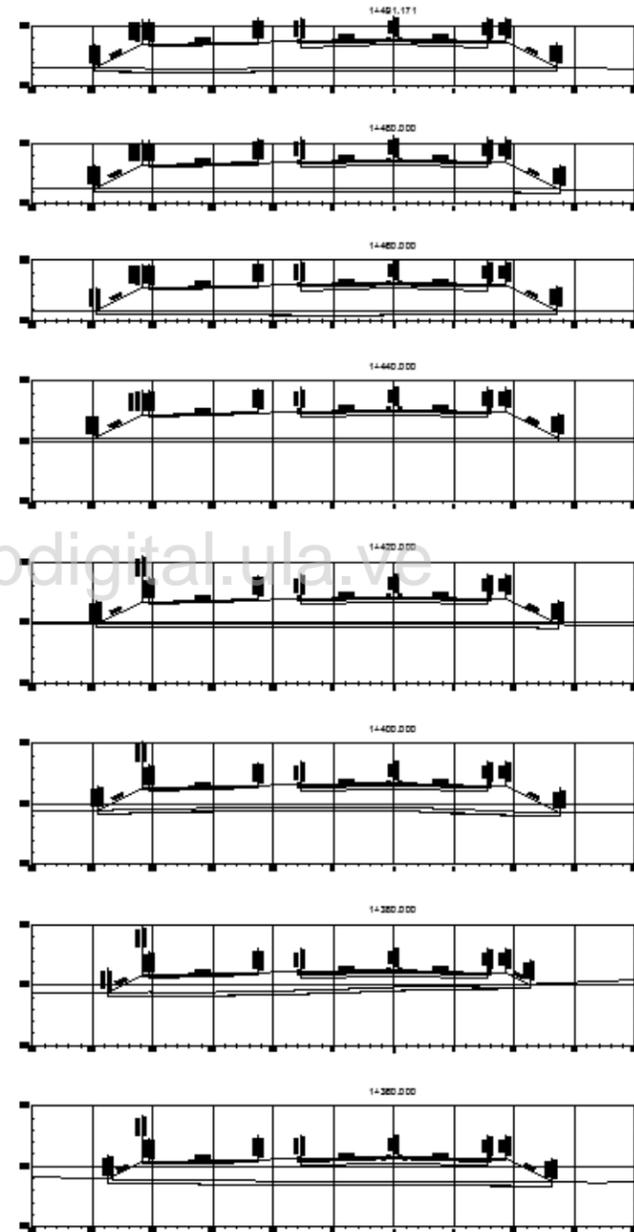
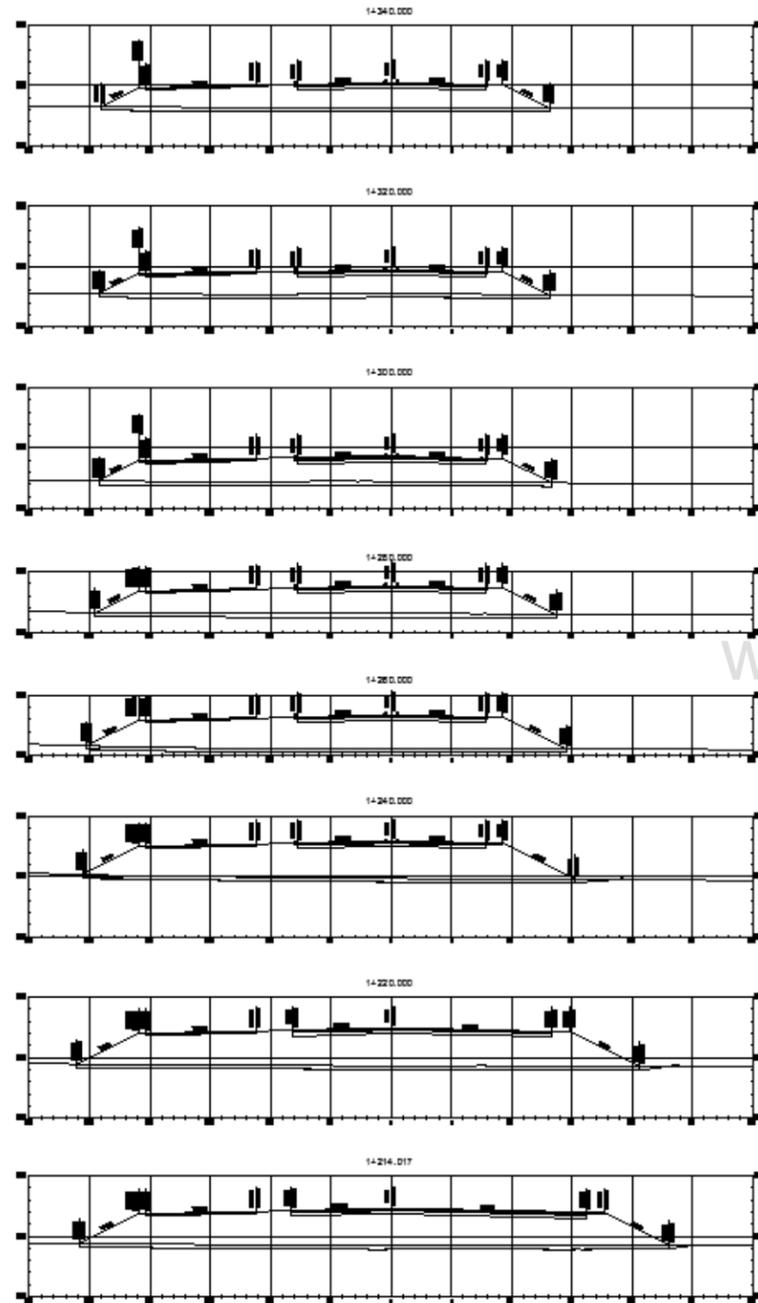


Tabla de Volúmenes de Corte y Terraplen Via Principal de Acceso a Puente Binacional Tienditas

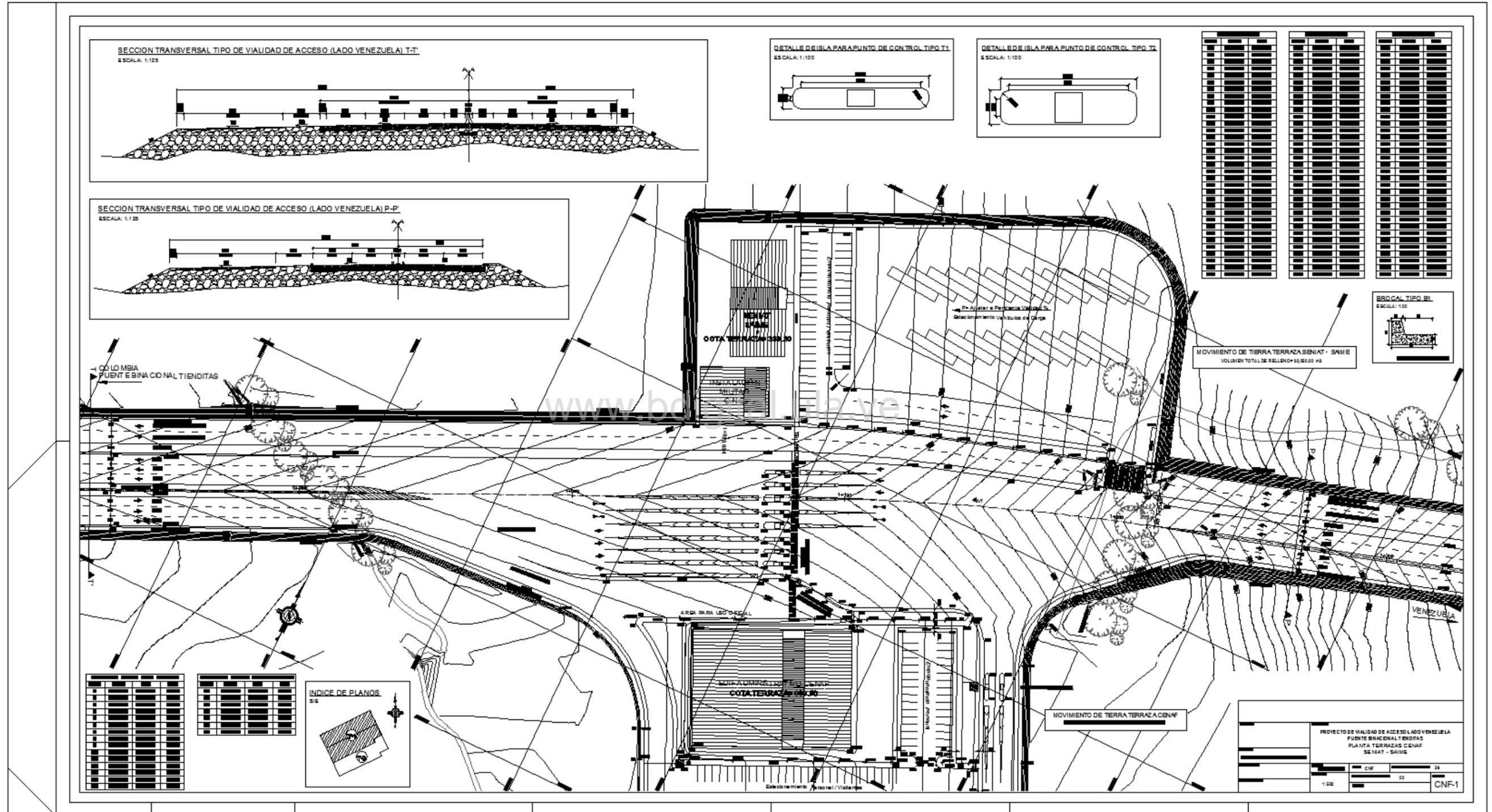
Estación	Área Terraplen (m <sup>2</sup> )	Área Corte (m <sup>2</sup> )	Volumen Terraplen (m <sup>3</sup> )	Volumen Corte (m <sup>3</sup> )	Vol. Acabado Terraplen (m <sup>3</sup> )	Vol. Acabado Corte (m <sup>3</sup> )
14-204.017	...	...	...	...	...	...
14-220.000	...	...	...	...	...	...
14-240.000	...	...	...	...	...	...
14-260.000	...	...	...	...	...	...
14-280.000	...	...	...	...	...	...
14-300.000	...	...	...	...	...	...
14-320.000	...	...	...	...	...	...
14-340.000	...	...	...	...	...	...
14-360.000	...	...	...	...	...	...
14-380.000	...	...	...	...	...	...
14-400.000	...	...	...	...	...	...
14-421.171	...	...	...	...	...	...

VOLUMEN TOTAL DE TERRAPLEN = 102,383.06 m<sup>3</sup>

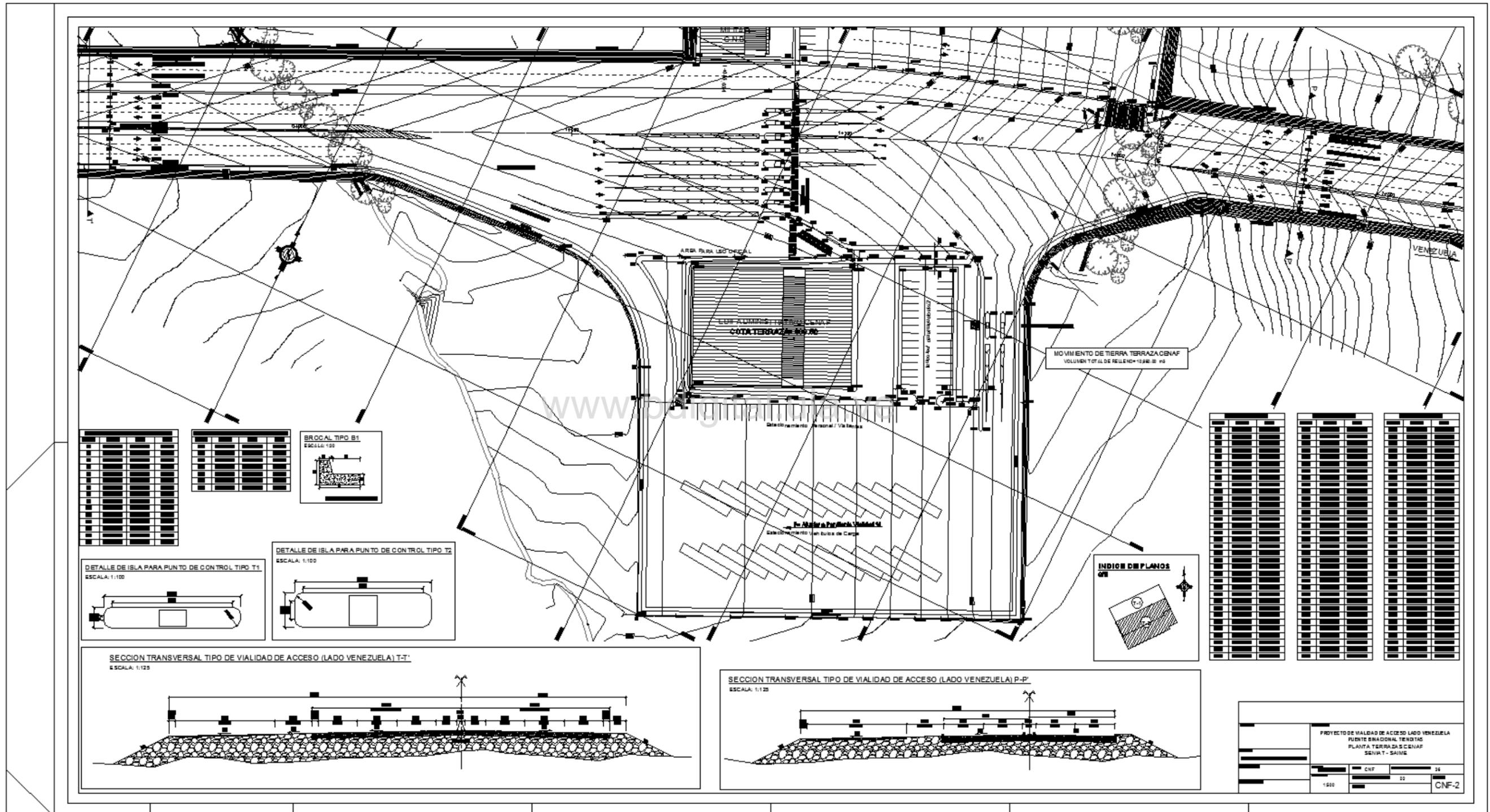
PROYECTO DE VIALIDAD DE ACCESO LAO VENEZUELA  
 PUNTE BINACIONAL TIENDITAS  
 SECCIONES TRANSVERSALES ALINEAMIENTO  
 PRINCIPAL DE ACCESO A PUNTE BINACIONAL  
 PROGRESIVAS 14-204.017 - 14-421.171

138 24 ST-4

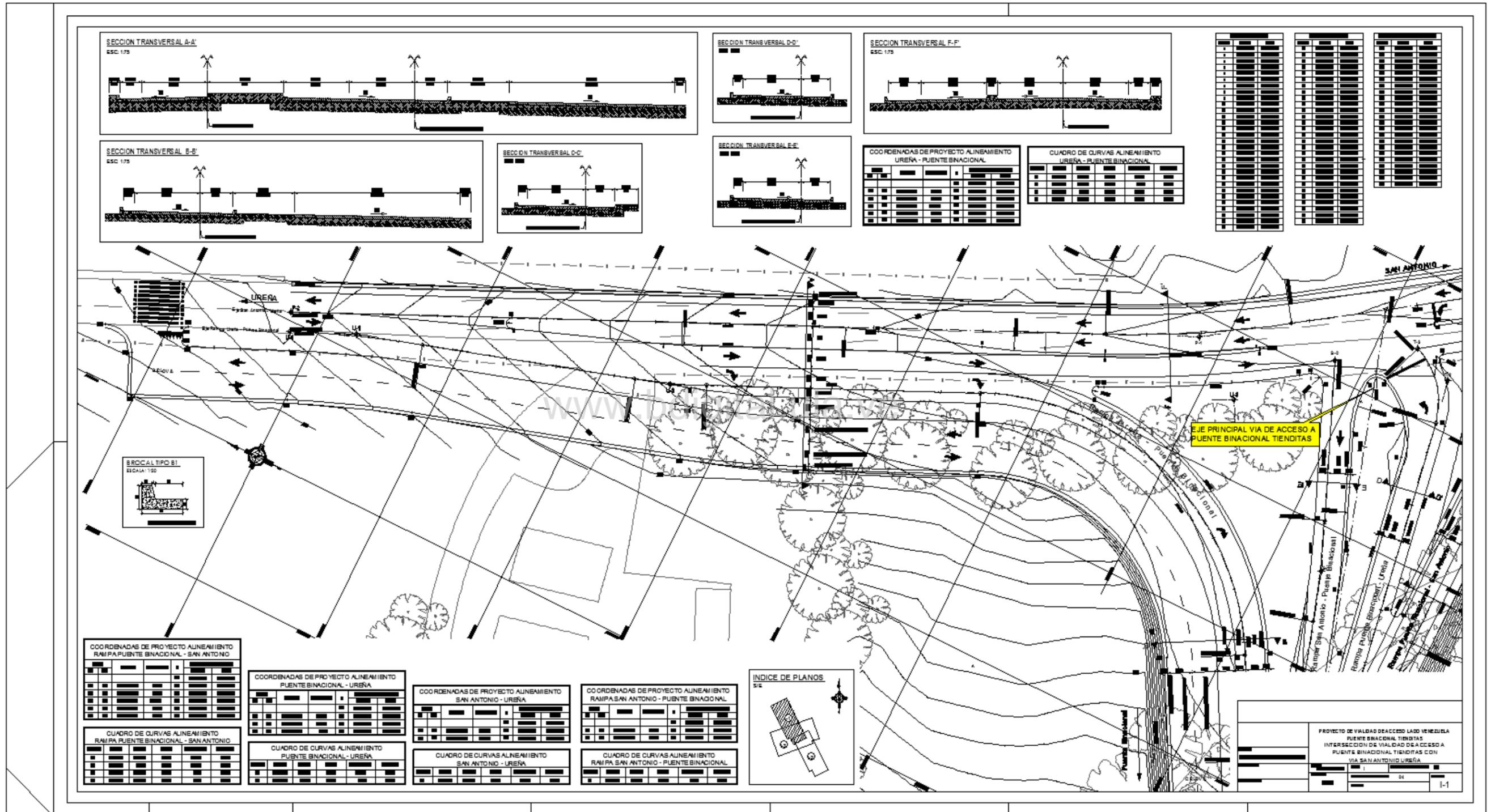
Anexo II-9 Planta Instalaciones CENAF CNF-1.



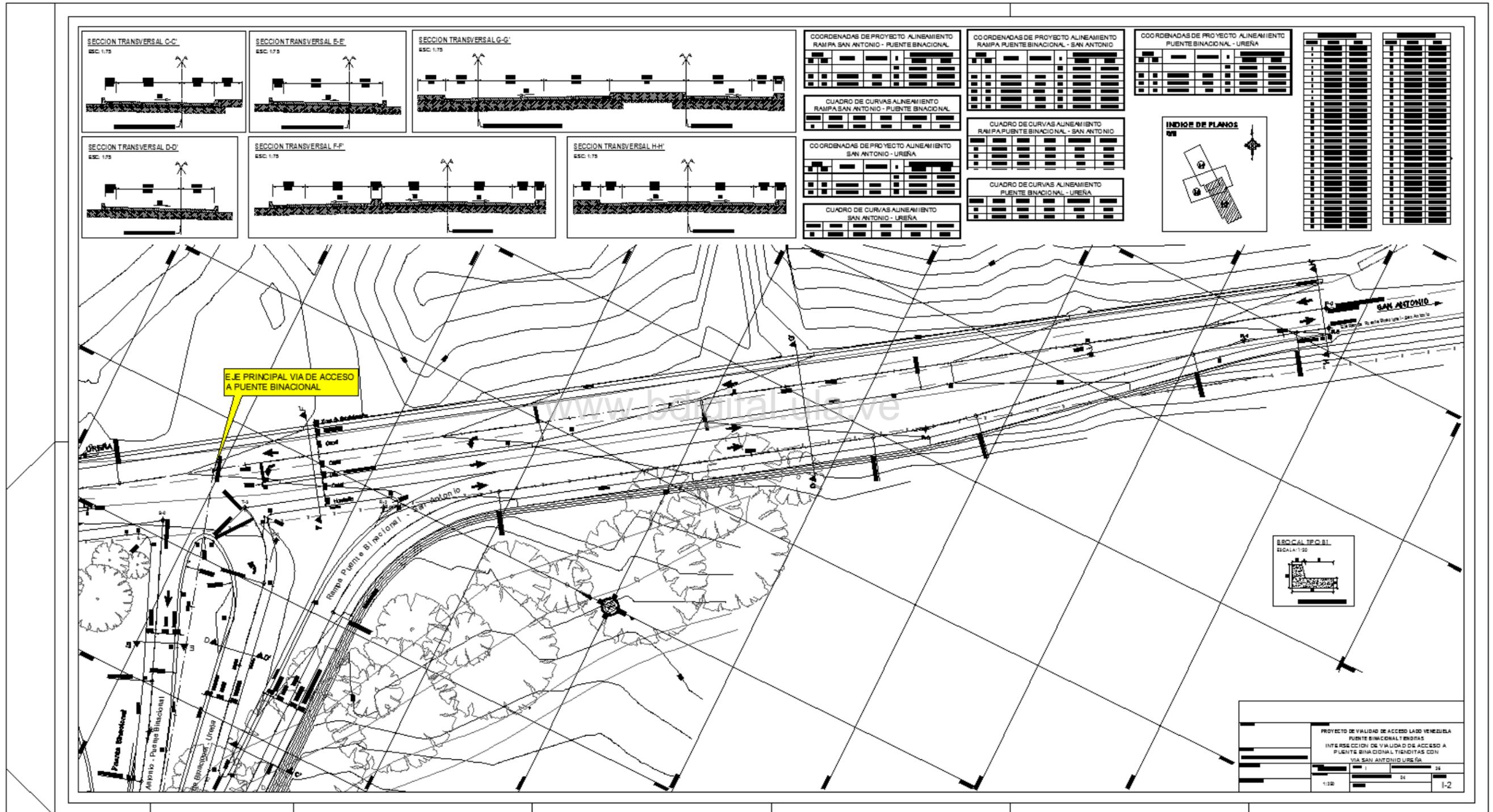
Anexo II-10 Planta Instalaciones CENAF CNF-2.



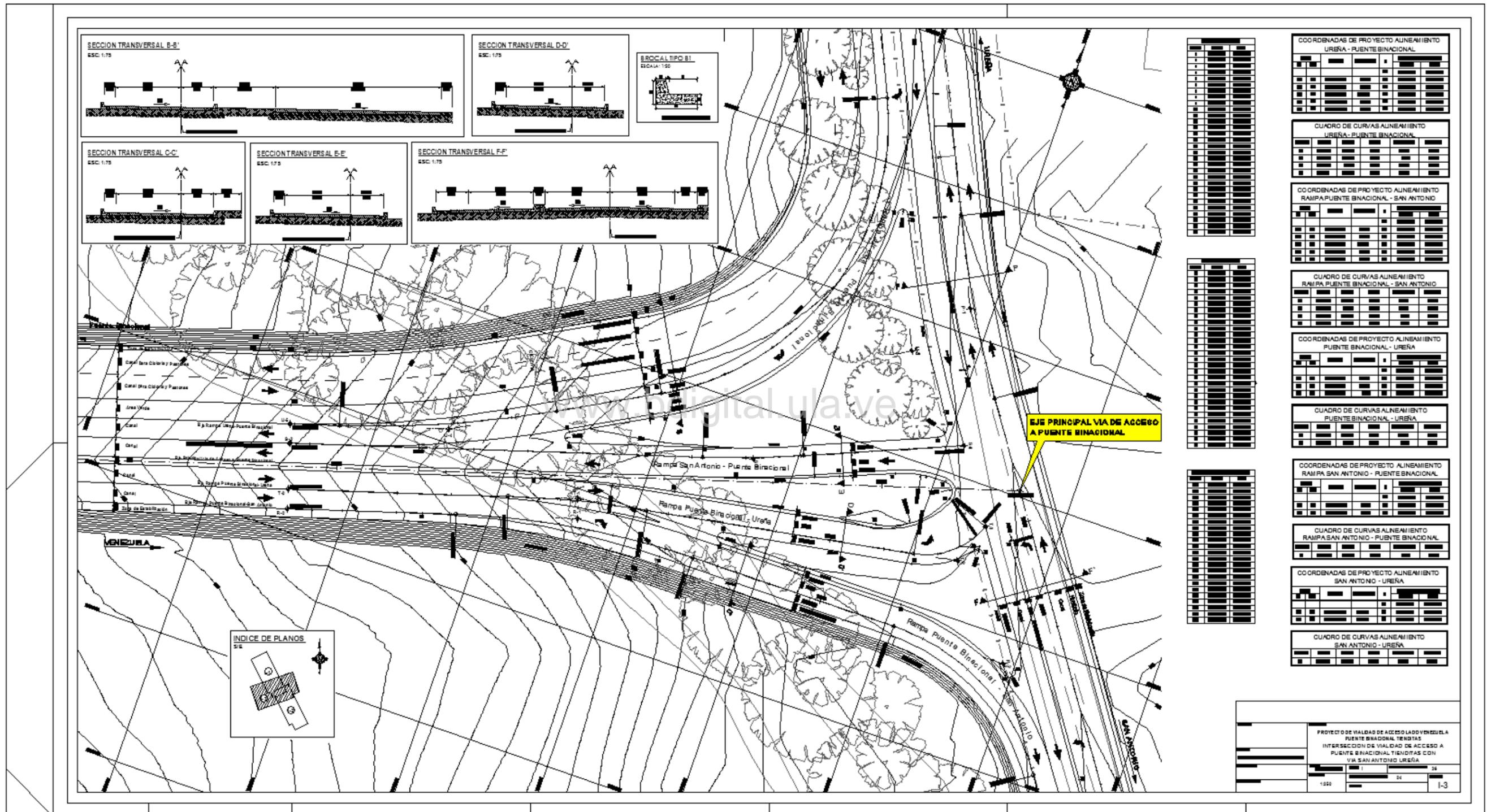
Anexo II-11 Intersección de vialidad de acceso a Puente Binacional tienditas con vía San Antonio – Ureña I-1.



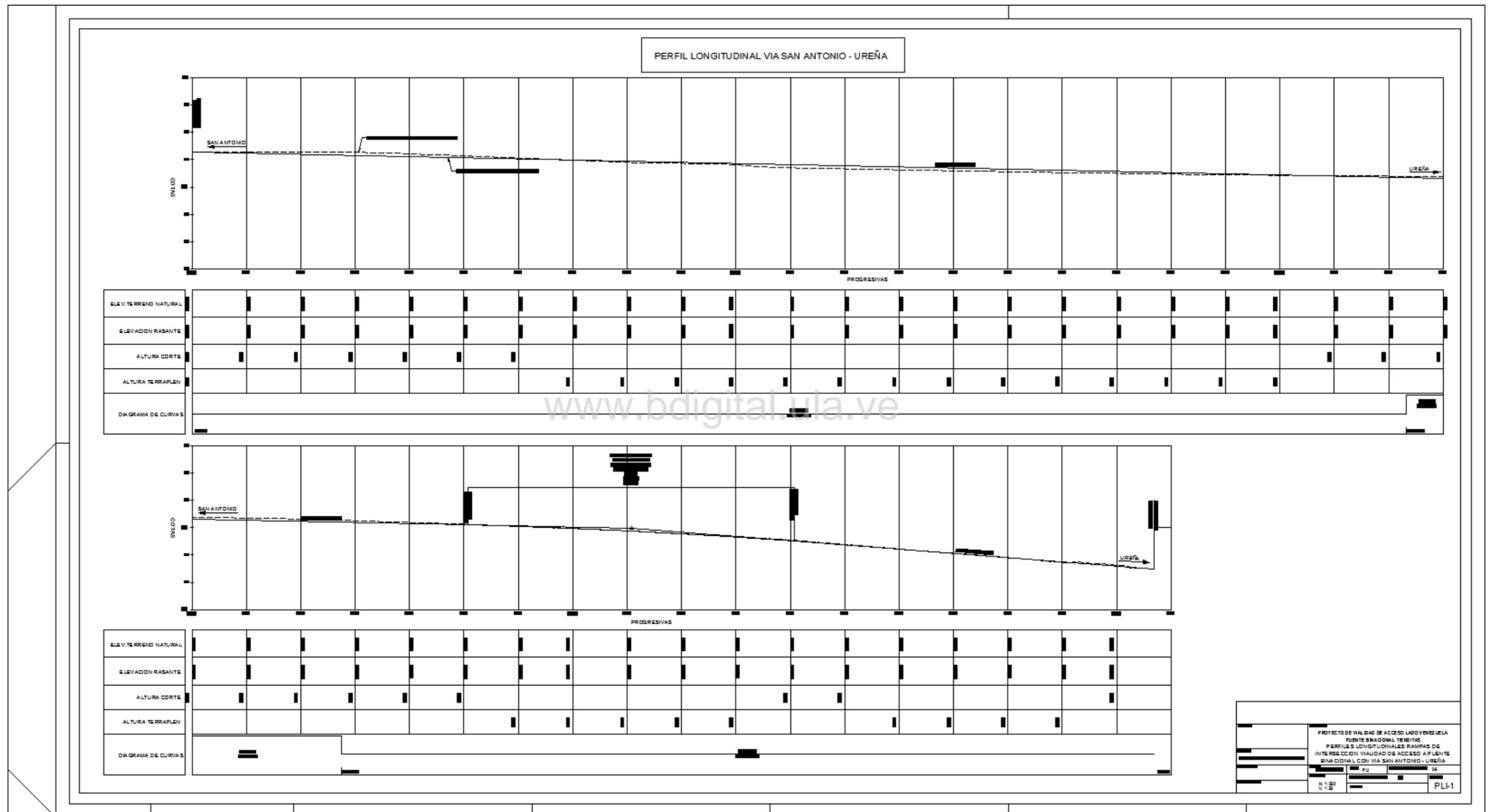
Anexo II-12 Intersección de vialidad de acceso a Puente Binacional tienditas con vía San Antonio – Ureña I-2.



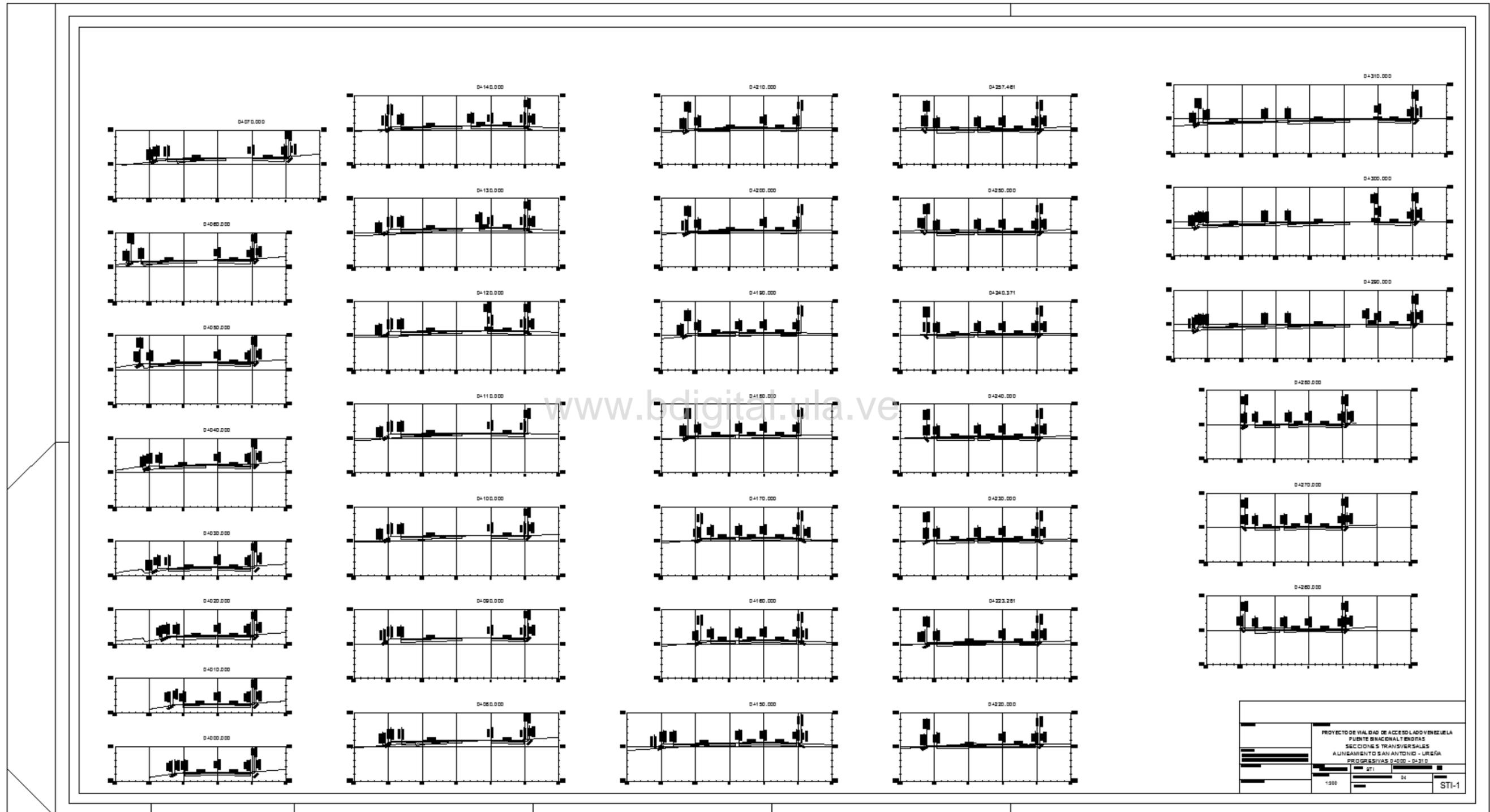
Anexo II-13 Intersección de vialidad de acceso a Puente Binacional tienditas con vía San Antonio – Ureña I-3.



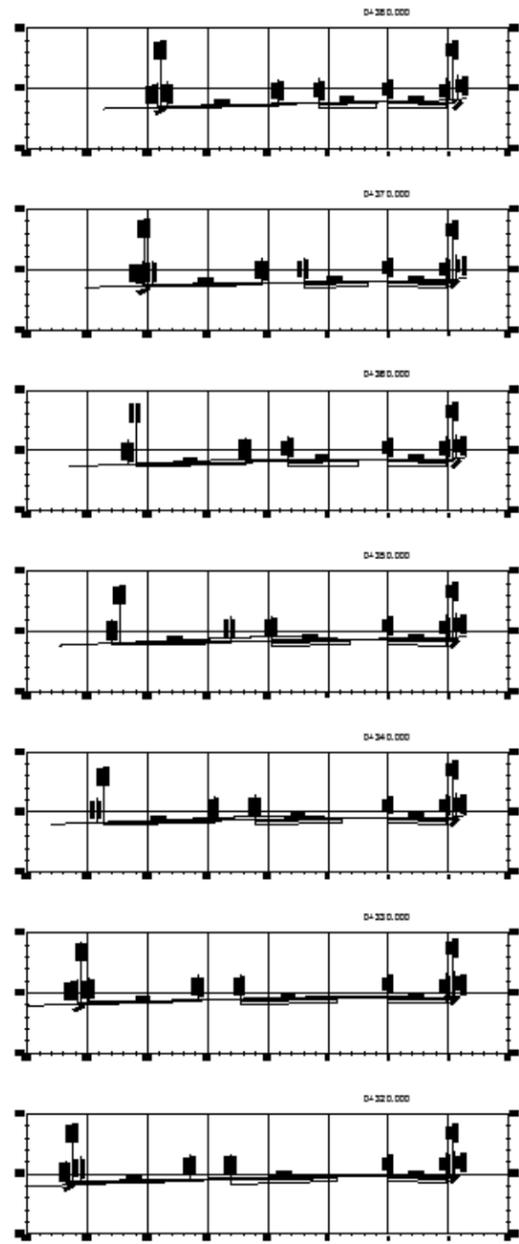
Anexo II-14 Perfil Longitudinal Vía San Antonio – Ureña PLI-1.



Anexo II-15 Secciones Transversales Vía San Antonio – Ureña STI-1.



Anexo II-16 Secciones Transversales Vía San Antonio – Ureña STI-2.

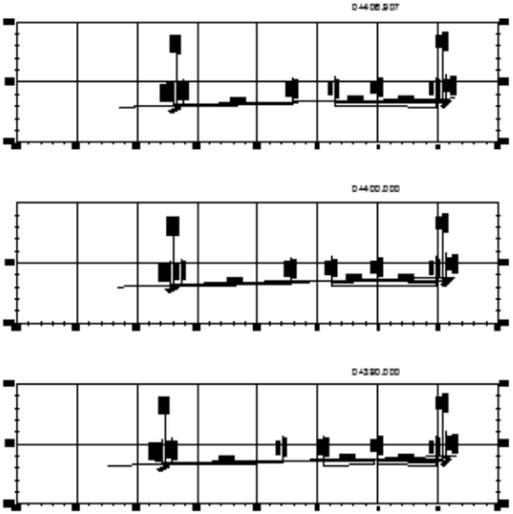


**Tabla de Volúmenes de Corte y Terraplen Vía San Antonio - Ureña**

Prog.	Una Terraplen (m³)	Una Corte (m³)	Volúmen Terraplen (m³)	Volúmen Corte (m³)	Vol. Acumulado Terraplen (m³)	Vol. Acumulado Corte (m³)
0+380.000	100	200	100	200	100	200
0+370.000	100	200	100	200	200	400
0+360.000	100	200	100	200	300	600
0+350.000	100	200	100	200	400	800
0+340.000	100	200	100	200	500	1000
0+330.000	100	200	100	200	600	1200
0+320.000	100	200	100	200	700	1400
0+310.000	100	200	100	200	800	1600
0+300.000	100	200	100	200	900	1800
0+290.000	100	200	100	200	1000	2000
0+280.000	100	200	100	200	1100	2200
0+270.000	100	200	100	200	1200	2400
0+260.000	100	200	100	200	1300	2600
0+250.000	100	200	100	200	1400	2800
0+240.000	100	200	100	200	1500	3000
0+230.000	100	200	100	200	1600	3200
0+220.000	100	200	100	200	1700	3400
0+210.000	100	200	100	200	1800	3600
0+200.000	100	200	100	200	1900	3800
0+190.000	100	200	100	200	2000	4000
0+180.000	100	200	100	200	2100	4200
0+170.000	100	200	100	200	2200	4400
0+160.000	100	200	100	200	2300	4600
0+150.000	100	200	100	200	2400	4800
0+140.000	100	200	100	200	2500	5000
0+130.000	100	200	100	200	2600	5200
0+120.000	100	200	100	200	2700	5400
0+110.000	100	200	100	200	2800	5600
0+100.000	100	200	100	200	2900	5800
0+90.000	100	200	100	200	3000	6000
0+80.000	100	200	100	200	3100	6200
0+70.000	100	200	100	200	3200	6400
0+60.000	100	200	100	200	3300	6600
0+50.000	100	200	100	200	3400	6800
0+40.000	100	200	100	200	3500	7000
0+30.000	100	200	100	200	3600	7200
0+20.000	100	200	100	200	3700	7400
0+10.000	100	200	100	200	3800	7600
0+0.000	100	200	100	200	3900	7800

VOLUMEN TOTAL DE CORTE = 216.38 m³  
 VOLUMEN TOTAL DE TERRAPLEN = 2.969.25 m³

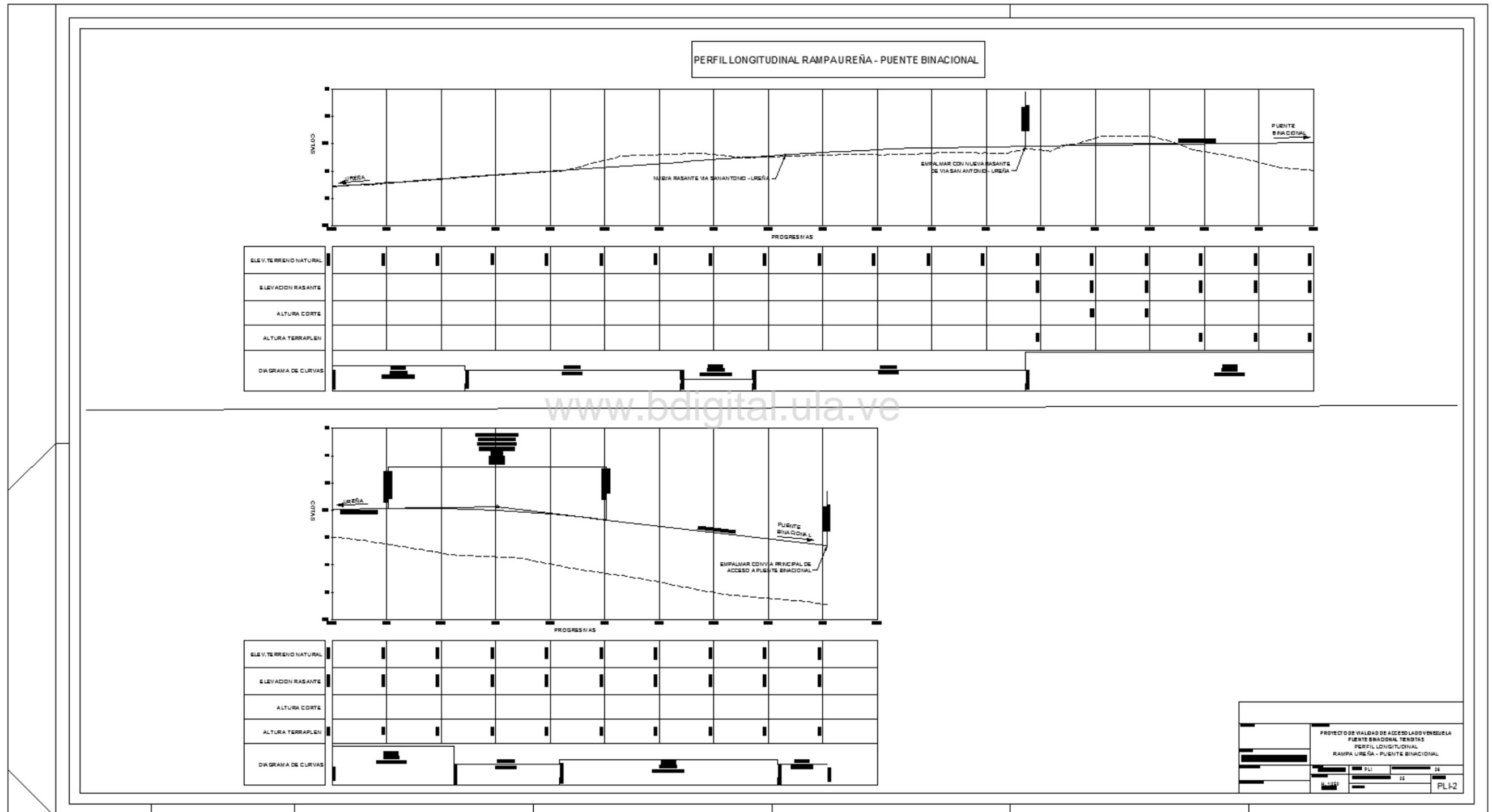
www.odigital.ula.ve



PROYECTO DE VALADO DE ACCESO LADO VENEZUELA  
 PUENTE NACIONAL TIENDAS  
 SECCIONES TRANSVERSALES  
 VÍA SAN ANTONIO - UREÑA  
 PROGRESIVAS 0+320-0+4406.907

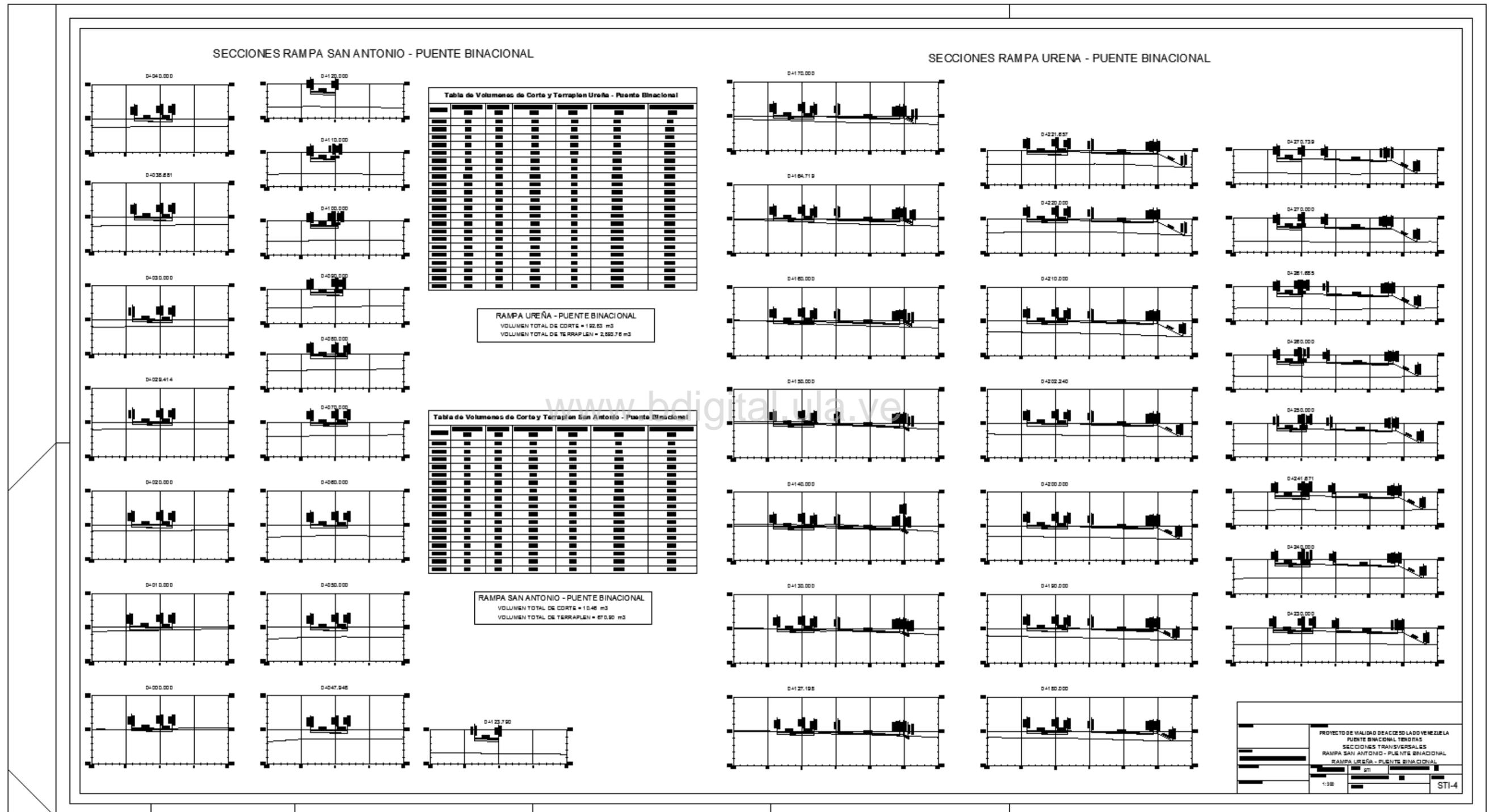
STI-2

Anexo II-17 Perfil Longitudinal Rampa Ureña – Puente Binacional Tienditas PLI-2.

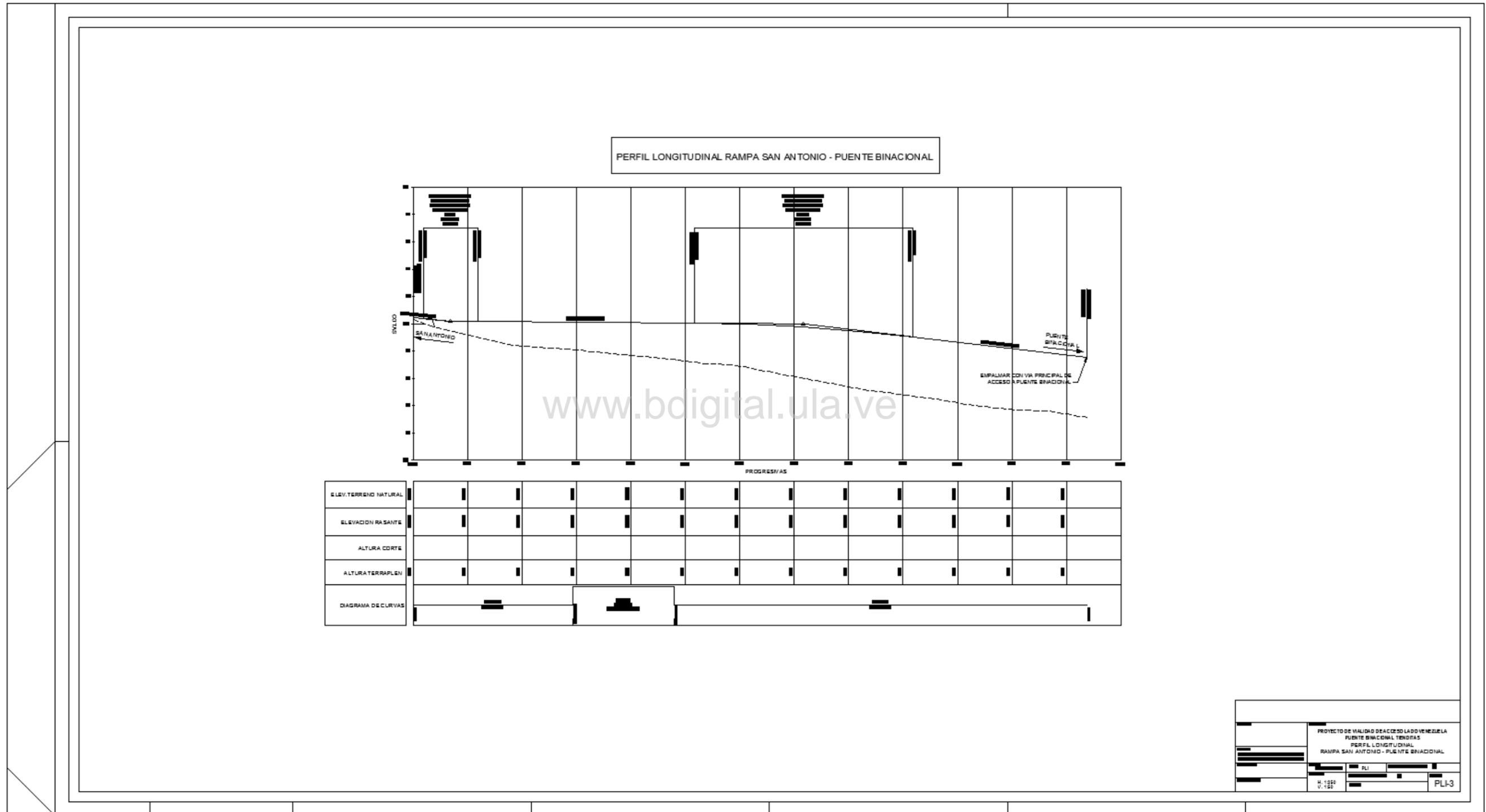


www.bdigital.ula.ve

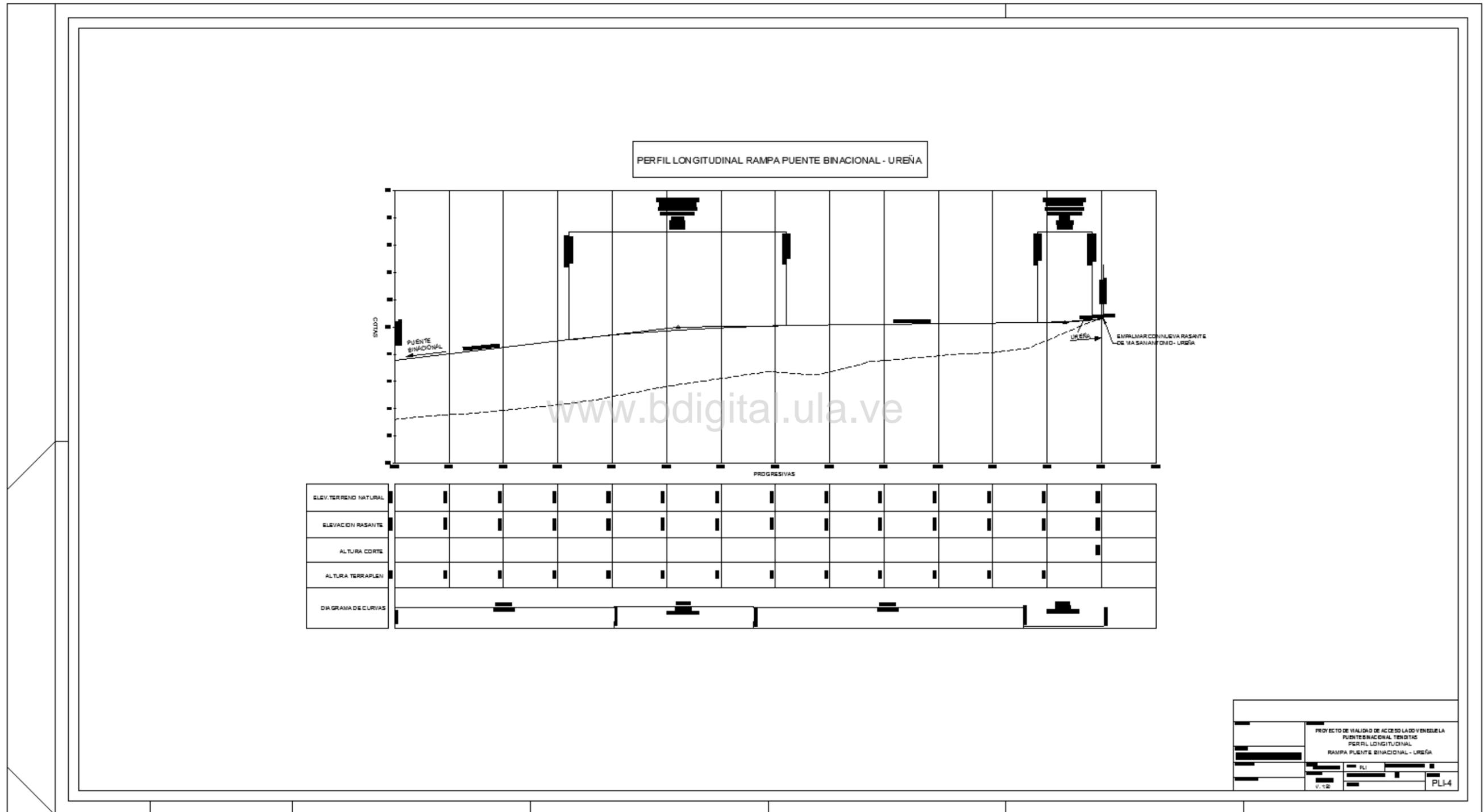
Anexo II-18 Secciones Transversales Rampa San Antonio – Puente Binacional y Rampa Ureña – Puente Binacional STI-4.



Anexo II-19 Perfil Longitudinal Rampa San Antonio – Puente Binacional Tienditas PL-3.

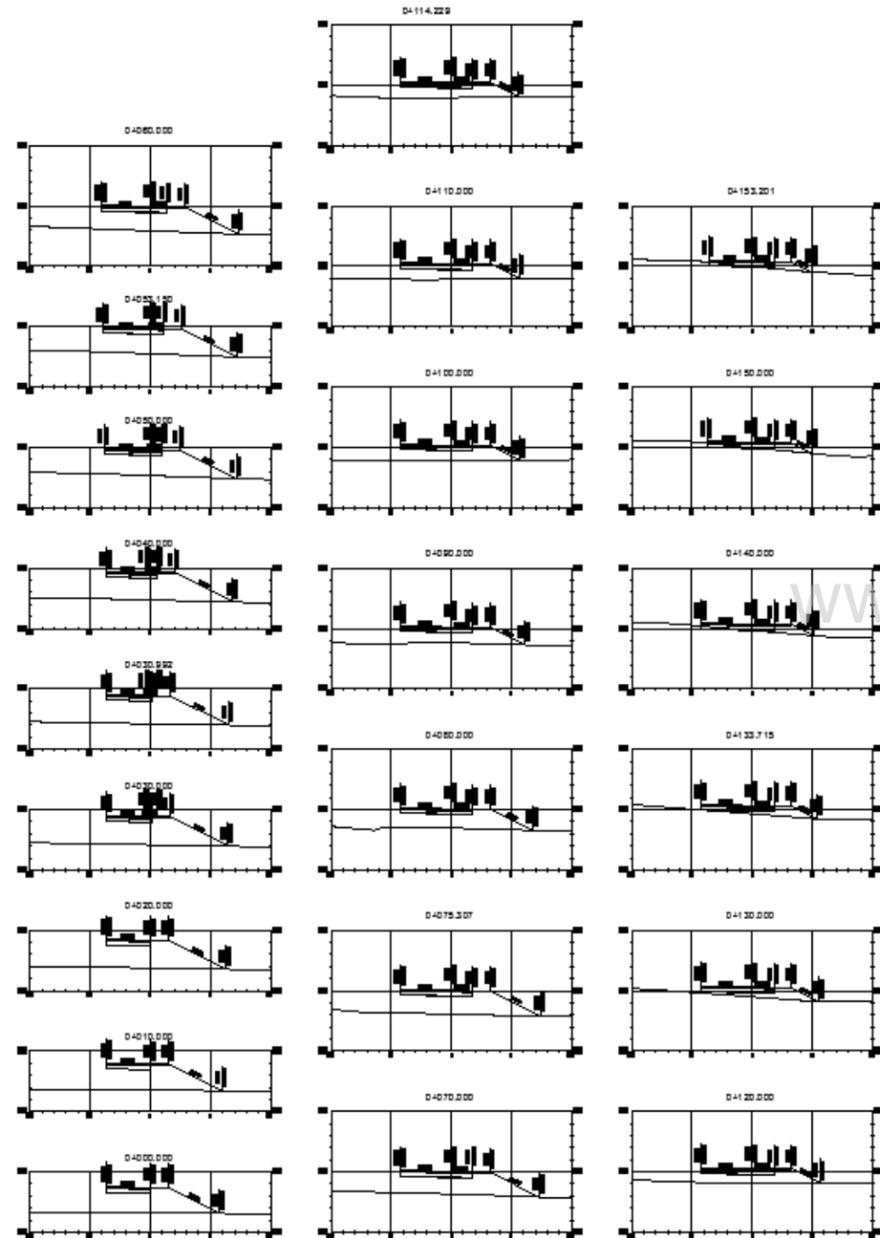


Anexo II-20 Perfil Longitudinal Rampa Puente Binacional Tienditas – Ureña PL-4.



Anexo II-21 Secciones Transversales Rampa Puente Binacional – San Antonio y Rampa Puente Binacional – Ureña STI-3.

SECCIONES RAMPA PUENTE BINACIONAL - SAN ANTONIO



SECCIONES RAMPA PUENTE BINACIONAL - UREÑA

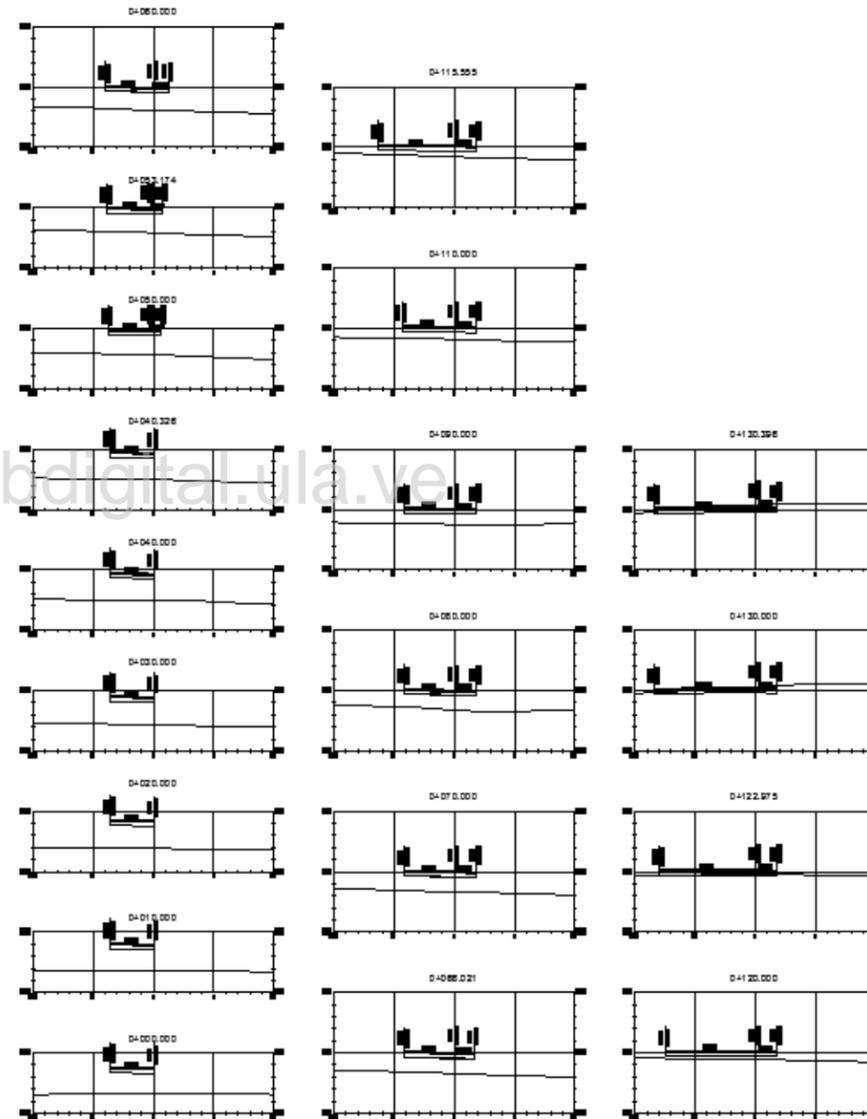


Tabla de Volúmenes de Corte y Terraplen Puente Binacional - San Antonio

Estación	Corte (m³)	Terraplen (m³)	Total (m³)
D+114.229	0.00	0.00	0.00
D+4080.000	0.00	0.00	0.00
D+4110.000	0.00	0.00	0.00
D+153.201	0.00	0.00	0.00
D+4130.000	0.00	0.00	0.00
D+4150.000	0.00	0.00	0.00
D+4020.000	0.00	0.00	0.00
D+4100.000	0.00	0.00	0.00
D+4050.000	0.00	0.00	0.00
D+4120.000	0.00	0.00	0.00
D+4040.000	0.00	0.00	0.00
D+4090.000	0.00	0.00	0.00
D+4140.000	0.00	0.00	0.00
D+4030.000	0.00	0.00	0.00
D+4110.000	0.00	0.00	0.00
D+4070.000	0.00	0.00	0.00
D+4130.000	0.00	0.00	0.00
D+4020.000	0.00	0.00	0.00
D+4075.307	0.00	0.00	0.00
D+4130.000	0.00	0.00	0.00
D+4010.000	0.00	0.00	0.00
D+4070.000	0.00	0.00	0.00
D+4000.000	0.00	0.00	0.00
D+4070.000	0.00	0.00	0.00
D+4120.000	0.00	0.00	0.00

RAMPA PUENTE BINACIONAL - SAN ANTONIO  
 VOLUMEN TOTAL DE CORTE = 7.76 m³  
 VOLUMEN TOTAL DE TERRAPLEN = 1.059.11 m³

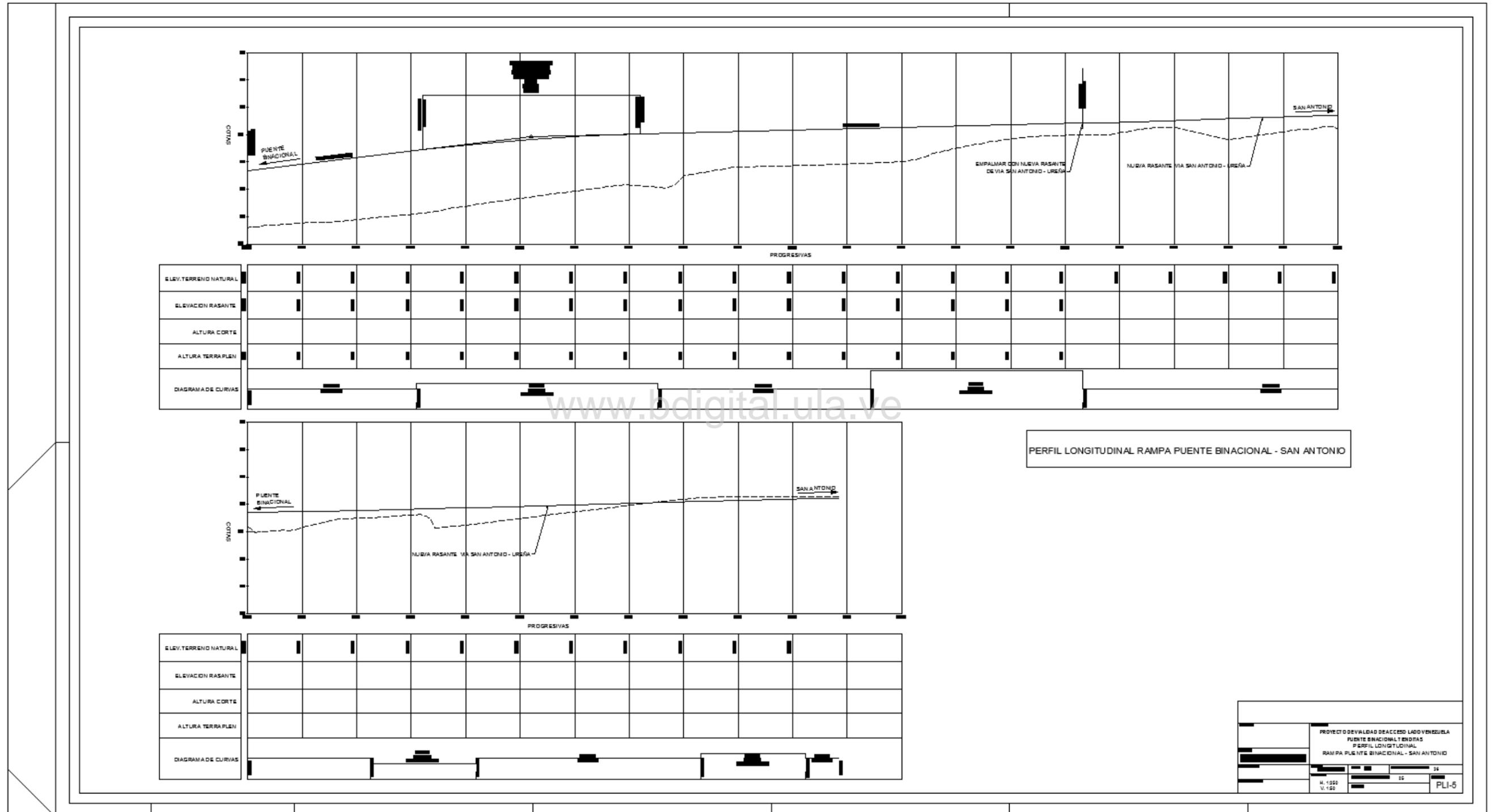
Tabla de Volúmenes de Corte y Terraplen Puente Binacional - Ureña

Estación	Corte (m³)	Terraplen (m³)	Total (m³)
D+080.000	0.00	0.00	0.00
D+115.555	0.00	0.00	0.00
D+090.000	0.00	0.00	0.00
D+110.000	0.00	0.00	0.00
D+040.328	0.00	0.00	0.00
D+090.000	0.00	0.00	0.00
D+130.396	0.00	0.00	0.00
D+040.000	0.00	0.00	0.00
D+040.000	0.00	0.00	0.00
D+030.000	0.00	0.00	0.00
D+080.000	0.00	0.00	0.00
D+130.000	0.00	0.00	0.00
D+020.000	0.00	0.00	0.00
D+070.000	0.00	0.00	0.00
D+122.975	0.00	0.00	0.00
D+010.000	0.00	0.00	0.00
D+080.000	0.00	0.00	0.00
D+080.000	0.00	0.00	0.00
D+080.000	0.00	0.00	0.00
D+080.000	0.00	0.00	0.00
D+080.000	0.00	0.00	0.00
D+120.000	0.00	0.00	0.00

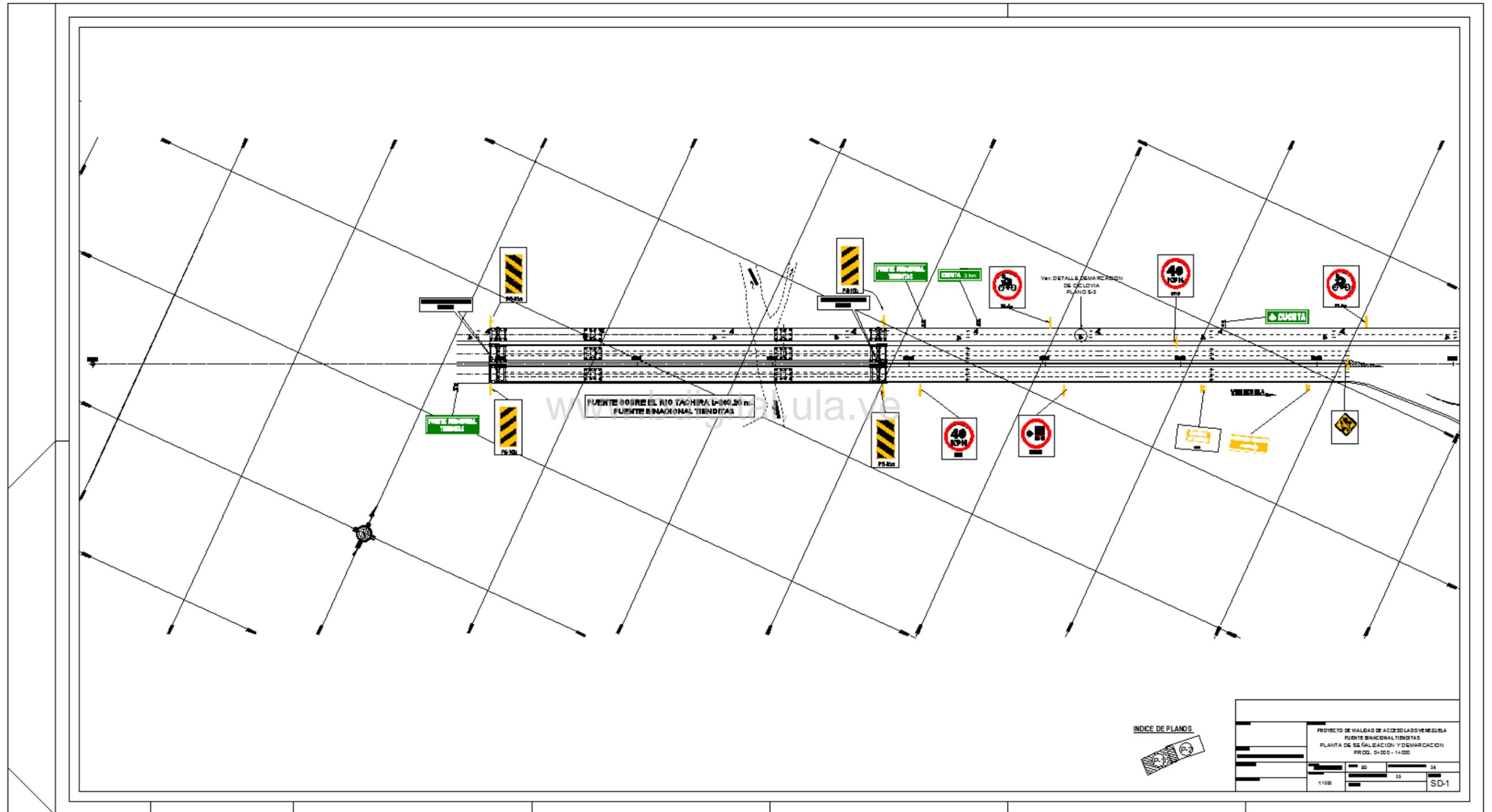
RAMPA PUENTE BINACIONAL - UREÑA  
 VOLUMEN TOTAL DE CORTE = 12.16 m³  
 VOLUMEN TOTAL DE TERRAPLEN = 735.82 m³

PROYECTO DE VIALIDAD DE ACCESO LADO VENEZUELA  
 PUENTE BINACIONAL TENDIDAS  
 SECCIONES TRANSVERSALES  
 RAMPA PUENTE BINACIONAL - SAN ANTONIO  
 RAMPA PUENTE BINACIONAL - UREÑA  
 ESTAD. 271  
 1:200  
 STI-3

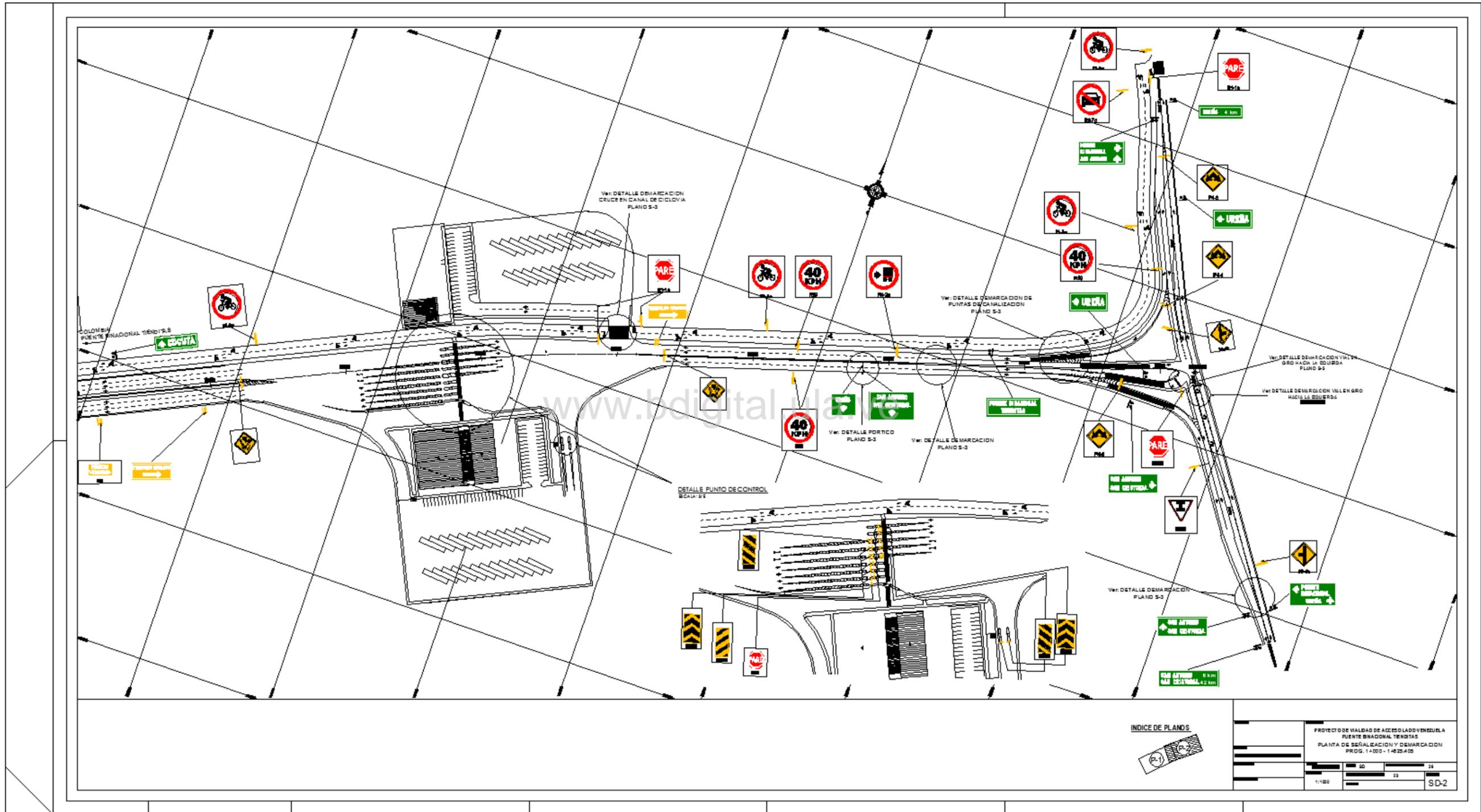
Anexo II-22 Perfil Longitudinal Rampa Puente Binacional Tienditas – San Antonio PL-5.



Anexo II-23 Planta de señalización y demarcación SD-1.



Anexo II-24 Planta de señalización y demarcación SD-2.



Anexo II-25 Detalles de señalización y demarcación SD-3.

