

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

### MAESTRÍA EN VÍAS TERRESTRES

---

**Tema: “EL TRAZADO GEOMÉTRICO ACTUAL Y LA CONGESTIÓN VEHICULAR, EN EL SECTOR DE TILLALES, PROVINCIA DE EL ORO”**

---

Trabajo de Investigación

Previa a la obtención del Grado Académico de Magíster en Vías Terrestres.

**Autor:** Ing. Víctor Homar Campoverde Solís

**Director:** Ing. Friscson Lutgardo Moreira Cedeño, Mg.

Ambato - Ecuador

2016

Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato.

El Tribunal de Defensa del Trabajo de Investigación de Graduación presidido por Ing. Segundo Francisco Pazmiño Gavilanes Mg., e integrado por los señores Ing. Vinicio Fabián Almeida Lema Mg., Ing. Darío Sebastián Llamuca Benalcázar Mg., Ing. Víctor Hugo Paredes Sandoval Mg., Miembros del Tribunal de Defensa, designados por el Consejo Académico de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor la defensa oral del trabajo de investigación para graduación con el tema: “EL TRAZADO GEOMÉTRICO ACTUAL Y LA CONGESTIÓN VEHICULAR, EN EL SECTOR DE TILLALES, PROVINCIA DE EL ORO”, elaborado y presentado por el señor Ing. Víctor Homar Campoverde Solís, para optar por el Grado Académico de Magíster en Vías Terrestres; una vez escuchada la defensa oral el Tribunal aprueba y remite el trabajo de investigación para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

-----  
Ing. Segundo Francisco Pazmiño Gavilanes, Mg.  
Presidente del Tribunal de Defensa

-----  
Ing. Friscson Lutgardo Moreira Cedeño, Mg.  
Director de Trabajo de Investigación

-----  
Ing. Vinicio Fabián Almeida Lema, Mg.  
Miembro del Tribunal

-----  
Ing. Darío Sebastián Llamuca Benalcázar, Mg.  
Miembro del Tribunal

-----  
Ing. Jorge Javier Guevara Rabalino, Mg.  
Miembro del Tribunal

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación de Graduación con el tema: “EL TRAZADO GEOMÉTRICO ACTUAL Y LA CONGESTIÓN VEHICULAR, EN EL SECTOR DE TILLALES, PROVINCIA DE EL ORO”, nos corresponde exclusivamente a Ing. Víctor Homar Campoverde Solís, Autor y de Ing. Friscson Lutgardo Moreira Cedeño, Mg., Director del trabajo de investigación; y el patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
*Ing. Víctor Homar Campoverde Solís*  
Autor

-----  
*Ing. Friscson Lutgardo Moreira Cedeño, Mg.*  
Director

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo de investigación o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo de investigación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

-----  
*Ing. Víctor Homar Campoverde Solís*  
*c.c.0912635760*

## **DEDICATORIA**

Por toda la dedicación y esfuerzo dedico este trabajo a mi madre que ha sido ejemplo con su perseverancia y enseñanzas inculcada a todos sus hijos, y las personas más importantes de mi vida: mis hijos, hermanos, familiares y en especial a mi mujer que ha sabido compartir estos momentos muy especiales, mis compañeros de trabajo que siempre supieron darme su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi estimado Director Ing. Friscson Lutgardo Moreira Cedeño Mg., por su comprensión y compartir su valioso tiempo dedicando con profesionalismo su conocimientos para dirigir este trabajo.

# ÍNDICE GENERAL

## PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA	i
AL CONSEJO DE POSGRADO	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT	xviii

INTRODUCCIÓN	1
--------------	---

## CAPÍTULO I

EL PROBLEMA	2
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.1. Contextualización	2
1.2.1.1. Contexto macro	2
1.2.1.2. Contexto meso	2
1.2.1.3. Contexto micro	2
1.2.2. Análisis crítico	3
1.2.2.1. Árbol de problemas	3
1.2.2.2. Relación causa-efecto	3
1.2.3. Prognosis	4
1.2.4. Formulación del problema	4
1.2.5. Preguntas directrices	4
1.2.6. Delimitación	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5

## CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	7
2.2.1. Parámetros De Diseño	8
2.2.1.1. Velocidad de diseño	8
2.2.1.2. El Tráfico	10
2.2.1.2.1. Tráfico actual	11
2.2.1.3. Alineamiento horizontal	11
2.2.1.4. Alineamiento vertical	12
2.2.1.5. Tipos de terrenos	12
2.2.2. Normas de diseño geométrico en el Ecuador	13
2.2.2.1. Tipos de terreno	13
2.2.2.2. Tráfico	13
2.2.2.3. Velocidad de diseño	14
2.2.2.4. Velocidad de circulación	15

2.2.2.5. Coeficiente de fricción lateral	16
2.2.2.6. Peraltes	17
2.2.2.7. Sobreanchos	18
2.2.2.8. Distancia de visibilidad de parada	20
2.2.2.9. Distancia de visibilidad de rebasamiento	23
2.2.2.10. Curvas verticales (convexas y cóncavas)	24
2.2.2.11 Curva vertical convexa.	25
2.2.3. Normas de diseño geométrico de Colombia	26
2.2.3.1. Tipos de terreno	27
2.2.3.2. Tráfico	27
2.2.3.3. Velocidad de diseño normativa	28
2.2.3.4. Velocidad de operación	28
2.2.3.5. Velocidad de circulación	29
2.2.3.6. Peraltes	30
2.2.3.7. Radios de curvas horizontales	30
2.2.3.8. Sobreancho de la curva para un carril	31
2.2.3.9. Distancia de visibilidad de parada	33
2.2.3.10. Distancia de visibilidad de adelantamiento	34
2.2.3.11. Pendientes longitudinales máximas	36
2.2.3.12. Verticales (convexas y cóncavas)	37
2.2.3.13. Ancho recomendado en calzada	40
2.2.3.14. Ancho recomendado en espaldón	41
2.2.3.15. Anchos de zona mínimos	42
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL	42
2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	44
2.4.1. Visión dialéctica de conceptualizaciones que sustentan las variables del problema	44
2.4.1.1. Marco Conceptual Variable Independiente	44
2.4.1.2. Marco Conceptual Variable Dependiente	45
2.4.2. Gráficos De Inclusión Interrelacionados	46
2.5. HIPÓTESIS	47
2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	47

## **CAPÍTULO III**

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.1. ENFOQUE INVESTIGATIVO	48
3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.2.1. Investigación de campo	49
3.2.2. Investigación bibliográfica - documental	49
3.3. NIVEL Y EQUIPO INVESTIGATIVO	50
3.3.1. Niveles de la investigación	50
3.3.2. Investigación descriptiva	50
3.3.3. Investigación asociación de variables correccional	51
3.3.4. Investigación explicativa	51
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	51
3.5. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	53
3.5.1. Operacionalizacion de la variable independiente	54
3.5.2. Operacionalizacion de la variable dependiente	55
3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	56
3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	58
3.7.1. Plan De Procesamiento De Información	58

## **CAPÍTULO IV**

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	59
4.1. INTERPRETACIÓN DE DATOS	59
4.2. INVENTARIO VIAL	59
4.2.1. Evaluación Del Tráfico	59
4.2.2. Ubicación e importancia del proyecto	59

4.2.3. Características generales del proyecto	60
4.2.4. Estudio de tráfico vehicular existente tráfico	60
4.2.5. Contador automático de tráfico vehicular	61
4.2.5.1. Interpretación de resultados del tráfico	64
4.2.6. Evaluación de la de la subrasante	64
4.2.6.1. Investigación de campo	64
4.2.6.2. Descripción general del suelo de la subrasante	65
4.2.6.3. Análisis	74
4.2.6.4. Interpretación del suelo de la subrasante	75
4.3. HIPÓTESIS	85
4.4. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	85

## **CAPÍTULO V**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1. CONCLUSIONES	86
5.2. RECOMENDACIONES	87
5.2.1. Mezcla gruesa	88
5.2.2. Mezcla asfáltica capa de rodadura	89

## **CAPÍTULO VI**

LA PROPUESTA	90
6.1. DATOS INFORMATIVOS	90
6.1.1. Título	90
6.1.2. Institución ejecutora	90
6.1.3. Beneficiarios	90
6.1.4. Ubicación	90
6.1.5. Tiempo estimado para la ejecución	91
6.1.6. Equipo técnico responsable	91
6.1.7. Costo	91
6.1.7.1. Institucionales	91
6.1.7.2. Humanos	91
6.1.7.3. Materiales	92
6.1.7.4. Económicos	92
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	93
6.3. JUSTIFICACIÓN	93
6.3.1. Justificación técnica	93
6.3.2. Justificación social	94
6.4. OBJETIVOS	94
6.4.1. Objetivo general	94
6.4.2. Objetivos específicos	94
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	95
6.5.1. Antecedentes	95
6.5.2. Objetivo	96
6.5.3. Ubicación	96
6.6. FUNDAMENTACIÓN	98
6.7. METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO	99
6.7.1. Estudio de tráfico	99
6.7.1.1. Cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA) existente	100
6.7.2. Diseño del pavimento flexible	103
6.7.2.1. Metodología	103
6.7.2.2. Procedimiento de diseño del pavimento flexible.- método AASHTO 1993	103
6.7.2.3. Tráfico	104
6.7.2.4. Trafico para diseño	105
6.7.2.5. Capacidad portante del terreno de la subrasante	105
6.7.2.6. Índice de serviciabilidad	106
6.7.2.7. Índices estructurales	106
6.7.2.8. Confiabilidad (r)	106

6.7.2.9. Desviación estándar	107
6.7.2.10. Coeficiente de drenaje	107
6.7.2.11. Número estructural (SN)	108
6.7.2.12. Composición del pavimento	108
6.7.2.13. Recomendación del método	108
6.7.2.14. Espesor de los estratos	109
6.7.3. Estudio de terraplenes	111
6.7.3.1. Introducción	111
6.7.3.2. Descripción general del proyecto	111
6.7.3.3. Ubicación del proyecto	112
6.7.3.4. Evaluación de estado límite de falla de los terraplenes	114
6.7.3.5. Especificaciones adicionales para el monitoreo de asentamientos	124
6.7.3.6. Recomendaciones	127
6.7.4. Proceso constructivo de terraplenes	128
6.7.4.1. Preparación del terreno de cimentación	128
6.7.4.2. Plataforma de transferencia	130
6.7.4.3. Cuerpo del terraplén (núcleo con M.P.I)	131
6.7.4.4. Corona del terraplén	132
6.7.5. Diseño geométrico	133
6.7.5.1. Introducción	133
6.7.5.2. Definición de condicionantes generales	133
6.7.5.3. Criterios de diseño	134
6.7.5.4. Trazado en planta	135
6.7.5.4.1. Características generales	135
6.7.5.4.2. Intercambiador “y” Tillales - planta	144
6.7.5.5. Trazado en alzado	147
6.7.5.5.1. Características generales	147
6.7.5.5.2. Intercambiador “y” Tillales – vertical	153
6.7.5.6. Coordinación planta/alzado	156
6.7.5.7. Sección transversal	157
6.7.5.8. Calzadas tronco principal	158
6.7.5.8.1. Espaldones	160
6.7.5.8.2. Bermas	160
6.7.5.8.3. Peraltes	161
6.7.5.8.4. Cunetas	163
6.7.5.8.5. Taludes de corte y relleno	164
6.7.5.8.6. Parterre y pasos de parterre	164
6.7.5.9. Calzadas intercambiadores	165
6.7.5.9.1. Bermas y espaldones	165
6.7.5.9.2. Peraltes	168
6.7.5.9.3. Cunetas y taludes	171
6.7.6. Señalización	172
6.7.6.1. Introducción	172
6.7.6.2. Señalización horizontal	173
6.7.6.3. Señalización vertical	180
6.7.6.3.1. Serie de prioridad de paso (R1)	181
6.7.6.3.2. Serie de movimiento y dirección (R2)	182
6.7.6.3.3. Serie de límites máximos (R4)	184
6.7.6.3.4. Serie misceláneas (R7)	186
6.7.6.3.5. Serie de alineamiento (P1).	186
6.7.6.3.6. Serie de intersecciones y empalmes (P2).	188
6.7.6.3.7. Serie de aproximación a dispositivos de control de tránsito (P3)	190
6.7.6.3.8. Serie de anchos, alturas, largos y pesos (P4).	192
6.7.6.3.9. Serie de asignación de carriles (P5)	193
6.7.6.3.10. Serie de obstáculos y situaciones especiales en la vía (P6).	194
6.7.6.3.11. Serie complementarias (P7).	194
6.7.6.3.12. Señales especiales delineadoras (código D).	200
6.7.6.3.13. Serie de postes de kilometraje.	201
6.7.6.4. Balizamiento	202

6.7.6.5. Defensas	203
6.7.6.5.1. Barreras de seguridad	203
6.7.6.5.2. Sistemas de contención en estructuras.	207

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>208</b>
---------------------	------------

<b>ANEXOS</b>	<b>210</b>
---------------	------------

<b>PLANOS</b>	<b>215</b>
---------------	------------

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No.1 Árbol del problemas	3
Gráfico No 2.0 Relación que existe entre la velocidad de diseño y la velocidad de circulación.	16
Gráfico No 2.1 Peraltes.	17
Gráfico No 2.2 Sobreanchos..	18
Gráfico No 2.3 Detalle de Sobreancho.	20
Gráfico No 2.4 Distancia de visibilidad de parada.	21
Gráfico No 2.5 Distancia de visibilidad de parada > Longitud Vertical.	25
Gráfico No 2.6 Ancho adicionales.	31
Gráfico No 2.7 Sobreanchos necesario de una curva.	32
Gráfico No 2.7 Distancia de visibilidad de parada.	34
Gráfico No 2.8 Distancia de visibilidad de adelantamiento.	35
Gráfico No 2.9 Gráficos de inclusión interrelacionados.	46
Gráfico No 4.0 Contador automático de tráfico vehicular.	61
Gráfico No 4.1 Croquis	62
Gráfico No 4.2 Estación ubicada en tramo: el cambio – el guabo	63
Gráfico No 4.3 Personal encuestando a los conductores de vehículos	63
Gráfico No 4.4 Calicata 1	66
Gráfico No 4.5 Calicata 2	66
Gráfico No 4.6 Calicata 3	67
Gráfico No 4.7 Calicata 4	68
Gráfico No 4.8 Calicata 5	68
Gráfico No 4.9 Calicata 6	69
Gráfico No 4.10 Calicata 7	70
Gráfico No 4.11 Calicata 8	71
Gráfico No 4.12 Calicata 9	71
Gráfico No 4.13 Calicata 10	72
Gráfico No 4.14 Calicata 11	73
Gráfico No 4.15 Calicata 12	74
Gráfico No. 6.0 Planta del intercambiador.	112
Gráfico No. 6.1 perfil geotécnico	114
Gráfico No. 6.2 Geometría de modelo norte ingresado al Plaxis 2D	115
Gráfico No. 6.3 Tiempos considerados para cada fase de análisis en Plaxis 2D	116
Gráfico No. 6.4 Variación de deformaciones máximas en función de cada etapa constructiva	117
Gráfico No. 6.5 Variación de factor de seguridad en función de cada etapa constructiva	117
Gráfico No. 6.6 Magnitud de asentamientos totales en el borde del terraplén al momento de colocación de pavimento	118
Gráfico No. 6.7 Magnitud de asentamientos totales en el borde del terraplén al final de la consolidación primaria.	118
Gráfico No. 6.8 Magnitud de asentamientos totales en el centro del terraplén al momento de colocación de pavimento.	119
Gráfico No. 6.9 Magnitud de asentamientos totales en el centro del terraplén al final de la consolidación primaria.	119
Gráfico No. 6.10 Mapa de isocapas de deformaciones totales producidas al momento de colocación del pavimento.	120
Gráfico No. 6.11 Mapa de isocapas de deformaciones totales producidas al final de la consolidación primaria.	120
Gráfico No. 6.12 Implantación de terraplenes en el lado norte.	121
Gráfico No. 6.13 Terraplén Corte 4-4”	122
Gráfico No. 6.14 Terraplén Corte 5-5”	123
Gráfico No. 6.15 Instalación de placas de asentamientos	124
Gráfico No. 6.16 Instalación y medición de inclinómetros horizontales	125
Gráfico No. 6.17 Detalle de placas de asentamientos y piezómetros.	126
Gráfico No. 6.18 Preparación del terreno de cimentación	128
Gráfico No. 6.19 Eliminación de capa vegetal	129
Gráfico No. 6.20 Relleno con pedraplèn.	129
Gráfico No. 6.21 Emporado del relleno con pedraplèn.	130
Gráfico No. 6.22. Colocación de plataforma de transferencia.	130

Gráfico No 6.23. Colocación de geotextil separador y de geomalla biaxial por capa de 25 cm.	131
Gráfico No. 6.24. Nucleo del terraplén con M.P.I.	131
Gráfico No. 6.25. Controles de compactación.	132
Gráfico No. 6.26. Corona del terraplén.	132
Gráfico No. 6.27. Curva de transición.	138
Gráfico No. 6.28. Planta del distribuidor de Tillales.	146
Gráfico No. 6.29. Detalle de la parábola.	149
Gráfico No. 6.30. Detalle de sección transversal.	159
Gráfico No. 6.31. Detalle de, cuneta triangular en corte.	163
Gráfico No. 6.32. Detalle de cuneta trapecial en pie de relleno.	164
Gráfico No. 6.33 Parterre y pasos de parterre.	165
Gráfico No. 6.34 Sección típica ramal unidireccional.	166
Gráfico No. 6.35 Sección típica conexiones y pasos superiores.	167
Gráfico No. 6.36 Sección típica vía de servicio tipo I.	167
Gráfico No. 6.37 Sección típica Redondeles	168
Gráfico No. 6.38. Detalle de, cunetas y taludes.	171
Gráfico No. 6.39. Señalización horizontal ancho, longitud y espaciamiento	174
Gráfico No. 6.40 Señalización horizontal tachas reflectivas.	175
Gráfico No. 6.41 Señalización horizontal angostamiento de la vía.	175
Gráfico No. 6.42 Señalización horizontal tipo de línea en intersecciones.	176.
Gráfico No. 6.43 Señalización horizontal tipo de línea en redondeles..	176.
Gráfico No. 6.44 Señalización horizontal flechas.	177.
Gráfico No. 6.45 Señalización horizontal flechas de r4ecta y salida.	178.
Gráfico No. 6.46 Señalización horizontal flechas de incorporación.	178.
Gráfico No. 6.47 Señalización horizontal con respecto a la velocidad.	179
Gráfico No. 6.48 Señalización horizontal en bifurcaciones	180
Gráfico No. 6.49 Señalización alzado Pare	181
Gráfico No. 6.50 Señalización alzado Ceda el Paso.	181
Gráfico No. 6.51 Señalización alzado una izquierda un derecha	182
Gráfico No. 6.52 Señalización alzado Doble vía.	182
Gráfico No. 6.53 Señalización alzado Doble vía comienza.	182
Gráfico No. 6.54 Señalización alzado No Entre	183
Gráfico No. 6.55 Señalización alzado No rebasar	183
Gráfico No. 6.56 Señalización alzado Mantener Derecha.	183
Gráfico No. 6.57 Señalización alzado Señal de contro9l de movimiento obligatorio de carril.	184
Gráfico No. 6.58 Señalización alzado Señal de solo en la dirección indicada.	184
Gráfico No. 6.59 Señalización alzado Límite máximo de velocidad.	184
Gráfico No. 6.60 Señalización alzado Termina restricción de velocidad.	185
Gráfico No. 6.61 Señalización alzado Reduzca la velocidad.	185
Gráfico No. 6.62 Señalización alzado Cruce de peatones.	186
Gráfico No. 6.63 Señalización alzado Curva abierta izquierda - derecha	187
Gráfico No. 6.64 Señalización alzado Curva y contra curva derecha - izquierda	187
Gráfico No. 6.65 Señalización alzado Vía sinuosa primera izquierda – primera derecha.	188
Gráfico No. 6.66 Señalización alzado Salida de rampa izquierda – salida de rampa derecha.	188
Gráfico No. 6.67 Señalización alzado Empate lateral.	188
Gráfico No. 6.68 Señalización alzado Incorporación del tránsito.	189
Gráfico No. 6.69 Señalización alzado Bifurcación Izquierda - Derecha.	189
Gráfico No. 6.70 Señalización alzado Incorporación de carril adicional.	189
Gráfico No. 6.71 Señalización alzado Aproximación a redondel.	190
Gráfico No. 6.72 Señalización alzado Aproximación de Pare.	190
Gráfico No. 6.73 Señalización alzado Aproximación de Ceda El Paso.	191
Gráfico No. 6.74 Señalización alzado Cruce peatonal con prioridad.	191
Gráfico No. 6.75 Señalización alzado Puente Angosto.	192
Gráfico No. 6.76 Señalización alzado Ensanchamiento de la vía.	192
Gráfico No. 6.77 Señalización alzado angostamiento de la vía.	193
Gráfico No. 6.78 Señalización alzado Dos sentido de circulación.	193
Gráfico No. 6.79 Señalización alzado Termina carril izquierdo – Termina carril derecho.	194
Gráfico No. 6.80 Señalización alzado Bifurcación.	194
Gráfico No. 6.81 Señalización alzado Metros.	194

Gráfico No. 6.82 Señalización alzado Señales anticipadas de advertencia de destino.	195
Gráfico No. 6.83 Señalización alzado Señales de decisión de destino.	195
Gráfico No. 6.84 Señalización alzado Señales de ciudades, ríos, sitios, puentes, etc.	196
Gráfico No. 6.85 Señalización alzado Señales de salida.	197
Gráfico No. 6.86 Señalización alzado De velocidad máxima de salida...KM/H.	198
Gráfico No. 6.87 Señalización alzado Diagrama aproximación a redondel.	198
Gráfico No. 6.88 Señalización alzado Tarifa de peaje.	199
Gráfico No. 6.89 Señalización alzado Marcadores de cuenta regresiva.	199
Gráfico No. 6.90 Señalización alzado Control de peso y dimensiones.	200
Gráfico No. 6.91 Señalización alzado Poste delineadores de vía.	200
Gráfico No. 6.92 Señalización alzado Alineamiento horizontal.	201
Gráfico No. 6.93 Señalización alzado Poste de kilometraje.	202
Gráfico No. 6.94 Señalización balizamiento Tachas reflectivas.	202
Gráfico No. 6.95 Señalización defensas barrera de hormigón simple in situ a doble cara.	204
Gráfico No. 6.96 Señalización defensas característica geométricas de barreras.	204
Gráfico No. 6.97 Señalización defensas Guardavía metálica simple.	205
Gráfico No. 6.98 Señalización defensas Guardavía metálica superpuesta con separador.	205
Gráfico No. 6.99 Señalización defensas Barandal metálica desmontable en paso de medina.	206
Gráfico No. 6.100 Señalización defensas Perfil de hormigón armado.	207

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 2.0. Velocidades de diseño según tipo de carretera y terreno.	9
Cuadro No. 2.1. Clasificación de las carreteras.	13
Cuadro No. 2.2. Velocidad de diseño.	14
Cuadro No. 2.3. Velocidad de circulación.	15
Cuadro No. 2.4. Coeficiente de fricción lateral.	16
Cuadro No. 2.4. Radios mínimos para un peralte del 10%.	17
Cuadro No. 2.5. Cuadro de peraltes, sobreesanchos y longitudes x, l para el desarrollo del peralte.	18
Cuadro No. 2.6. Distancia de visibilidad mínima para la parada de un Vehículo condición pavimento mojado y gradiente Horizontal 0%.	23
Cuadro No. 2.7. Distancia de visibilidad para el rebasamiento de un vehículo.	24
Cuadro No. 2.8. Volumen de tráfico.	27
Cuadro No. 2.9. Velocidad de diseño normativa.	28
Cuadro No. 2.10. Velocidad de marcha teórica en función de la velocidad de diseño.	29
Cuadro No. 2.11. Velocidad de circulación para diferentes condiciones de tráfico.	29
Cuadro No. 2.12. Peraltes.	30
Cuadro No. 2.13. Radios mínimos absolutos.	31
Cuadro No. 2.14. Sobreancho según la AASHTO.	33
Cuadro No. 2.15. Oportunidades de adelantar por tramos de 5 kilómetros.	36
Cuadro No. 2.16. Pendientes Longitudinales Máximas.	37
Cuadro No. 2.17. Curvas verticales convexas mínimas.	38
Cuadro No. 2.18. Valores mínimos de diseño del coeficiente “k”.	39
Cuadro No. 2.19. Curvas verticales cóncavas mínimas.	40
Cuadro No. 2.20. Ancho recomendado en calzada.	41
Cuadro No. 2.21. Ancho recomendado en espaldón.	41
Cuadro No. 2.22. Ancho de zona mínimos.	42
Cuadro No. 3.0. Operacionalización de la variable independiente.	54
Cuadro No. 3.1. Operacionalización de la variable dependiente.	55
Cuadro No. 3.2. Procedimiento de recolección de información.	57
Cuadro No. 4.0. Resumen de ensayos.	82
Cuadro No. 6.0. Recursos humanos.	91
Cuadro No. 6.1. Recursos materiales.	92
Cuadro No. 6.2. Tráfico promedio Diario Anual	101
Cuadro No. 6.3. Tráfico promedio Diario Anual clasificado	101
Cuadro No. 6.4. Tráfico promedio Diario Anual clasificación vehicular	102
Cuadro No. 6.5. Tasa de crecimiento anual de tráfico vehicular	102
Cuadro No. 6.6. Cálculo de números acumulados de ejes equivalente (EAL)	105
Cuadro No. 6.7. Resumen de resultados del estudio de tráfico.	105
Cuadro No. 6.8. Coeficientes estructurales de pavimentos	106
Cuadro No. 6.9. Confiabilidad	107
Cuadro No. 6.10. Coeficiente de drenaje	107
Cuadro No. 6.11. Espesores mínimos de los estratos	108
Cuadro No. 6.12. Espesores de los estratos	109
Cuadro No. 6.13. Cálculo de los espesores de capas de pavimento de hormigón asfáltico.	110
Cuadro No. 6.14. Propiedades del subsuelo.	113
Cuadro No. 6.15. Resumen de tiempos considerados para cada etapa constructiva.	116
Cuadro No. 6.16. Longitud mínima y máxima en recta.	136
Cuadro No. 6.17. Radios mínimos en función de velocidad.	136
Cuadro No. 6.18. Relación velocidad específica – Radio – peralte	137
Cuadro No. 6.19. Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal	139
Cuadro No. 6.20. Relación entre radios consecutivos grupo 1	141
Cuadro No. 6.20. Relación entre radios consecutivos grupo 2	142
Cuadro No. 6.21. Desarrollo de alineaciones circulares	143
Cuadro No. 6.22. Resumen de características Distribuidor de Tillales horizontal	147
Cuadro No. 6.23. Parámetros mínimos y recomendables de acuerdos verticales en función de la velocidad de proyecto.	148
Cuadro No. 6.24. Parámetros mín. y deseables de acuerdos verticales para visibilidad de parada	149.
Cuadro No. 6.25. Resumen de características Distribuidor de Tillales alzado del tronco.	147

Cuadro No. 6.26 Resumen de características Distribuidor de Tillales alzado del distribuidor.	155
Cuadro No. 6.27 Parámetros de sección transversal.	158
Cuadro No. 6.28 Parámetros de peraltes en tranco.	162
Cuadro No. 6.29 Calzadas intercambiadores	165
Cuadro No. 6.30 Características de bermas y espaldones.	166
Cuadro No. 6.31 Parámetros de peraltes en distribuidor.	162
Cuadro No. 6.7.0 Altura de letras según distancia de aproximación.	197

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
MAESTRÍA EN VÍAS TERRESTRES

**Tema:** “EL TRAZADO GEOMÉTRICO ACTUAL Y LA CONGESTIÓN VEHICULAR, EN EL SECTOR DE TILLALES, PROVINCIA DEL EL ORO”

Autor: Ing. Víctor Homar Campoverde Solís

Director: Ing. Friscson Lutgardo Moreira Cedeño, Mg.

Fecha: 30 de mayo del 2016

### **RESUMEN EJECUTIVO**

El crecimiento demográfico producido por las grandes ciudades del país, el conocimiento de las características geométricas de las vías actuales, el incremento de % de vehículos, ha ocasionando una situación caótica en el tránsito de vehículos livianos, medianos, y pesados, por la que ha sido necesaria la planificación de sistemas alternos de circulación vehicular, para aliviar el tráfico producido en el sector de Tillales provincia del El Oro.

Con una metodología basada en estudios de Autopistas y Carreteras de primer orden, se ha realizado el Estudio de la presente Investigación, dando como resultado un Manual que recopiló normas, cuadros y procedimientos de Diseño, creando un nuevo Modelo de Trazado, como un Distribuidor de Trafico Tipo Diamante con Pesas, que cumpla normas y especificaciones técnicas para lograr dar una la fluidez vehicular, disminuir los accidentes de tránsito y tener una adecuada conexión entre la autopista en construcción desde Huaquillas hasta Tillales con la Red Estatal E-25 llamada Red de la Costa, con el objeto que preste un buen servicio y mejorara de la conectividad con el corredor de la E-25 y la ciudad de Machala.

**Descriptor:** Tasa vehicular por año del sector, Características Geométricas, Incremento de % de vehículos por año.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
MAGISTER EN VÍAS TERRESTRES

**Theme:** “THE ACTUAL GEOMETRIC LAYOUT AND TRAFFIC CONGESTION IN THE SECTOR TILLALES, PROVINCE EL ORO”

Author: Eng. Víctor Homar Campoverde Solís

Directed by: Eng. Friscson Lutgardo Moreira Cedeño, Mg.

Date: May 30, 2016

### **EXECUTIVE SUMMARY**

Population growth produced by the big cities of the country, knowledge of the geometrical characteristics of the current routes, the increase in percent of vehicles, has caused a chaotic situation in the transit of light, medium and heavy vehicles, which alternate vehicular circulation systems planning, has been required to relieve traffic produced in the Tillales sector of the El Oro Province.

With a methodology based on studies of motorways and first class roads, the study of this research has been done, resulting in a Manual that collected rules, pictures and design procedures, creating a new model of the path, as a distributor of traffic type diamond weight, that meets standards and technical specifications to get a vehicle flow, reduce traffic accidents and have a proper connection between the motorway under construction from Huaquillas to Tillales with the E-25 State network called the network of the coast, in order to render a good service and improved connectivity with the E-25 corridor and the city of Machala.

**Key words:** Rate vehicles per year in the sector, geometrical characteristics, percentage of vehicles per year.

## **INTRODUCCIÓN**

Este presente trabajo consta de 6 capítulos, tratados de la siguiente manera:

El Capítulo uno, trata sobre el problema que existe en el trazado geométrico actual y la congestión vial en el sector de Tillales, provincia de El Oro, por lo que se originan inconvenientes en el tráfico vehicular, elevados accidentes de tránsito, el aumento de tiempo de circulación, por lo que se tiene que escoger por una alternativa que logre descongestionar, de manera que permita una circulación fluida.

El Capítulo dos, se refiere al Marco Teórico, en el que en primer lugar se trata sobre los principales conceptos de diseño vial, con el objeto de tener claro la normativa vial y en segundo lugar se identifica los parámetros de Diseño Geométrico que tienen vigentes los países investigados, para este caso Ecuador y Colombia.

El Capítulo tres, se refiere a la metodología utilizada en la investigación, la cual se apoya en el inventario vial. La investigación será de campo, porque es un distribuidor que se va a diseñar.

El Capítulo cuatro, se trata sobre el análisis e interpretación de resultados, en el que se toma datos de estudios de tráfico y análisis de la estructura de la vía estudiar.

El Capítulo cinco, se refiere a las conclusiones y recomendaciones, en este capítulo en base a la información obtenida sobre Normas de Diseño Geométrico, datos obtenidos en la investigación. Se llega a conclusiones las cuales dan una idea clara y directa del problema y las soluciones a efectuarse, como recomendaciones para el correcto diseño de un Distribuidor Diamante con Pesas en el sector de Tillales.

El Capítulo sexto plantea la propuesta motivo de la presente investigación, que para el planteamiento del Diseño de un Distribuidor Diamante con Pesas, involucra una investigación bibliográfica de las normas de Diseño Geométrico de Ecuador y la República de Colombia. Una vez obtenidas las normas y criterios se las aplicará para el Distribuidor Diamante con Pesas en el sector de Tillales.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN**

“El trazado geométrico actual y la congestión vehicular, en el sector de Tíllales, provincia de El Oro”

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1. Contextualización**

##### **1.2.1.1. Contexto macro**

En la ciudad de Machala se han tenido un alto crecimiento poblacional, por la migración de los habitantes del campo hacia las grandes ciudades en busca de recursos económicos. Este efecto ha ocasionado el incremento del parque automotor con índices de crecimiento muy alto que ha derivado al colapso vehicular en esta ciudad, siendo necesario la planificación de sistemas de soluciones viales y otros sistemas de transporte, para de esta manera descongestionar el tráfico ocasionado.

##### **1.2.1.2. Contexto meso**

En el tramo de la parroquia El Cambio y la “Y” de Tíllales (“Y” de El Guabo), ha tenido conflictos en la distribución vehicular por el alto crecimiento automotriz en este sector.

##### **1.2.1.3. Contexto micro**

Por el sector de Tíllales, de acuerdo a índices y cálculos del tráfico de la red nacional, en la actualidad se estima un tráfico promedio diario anual alrededor de

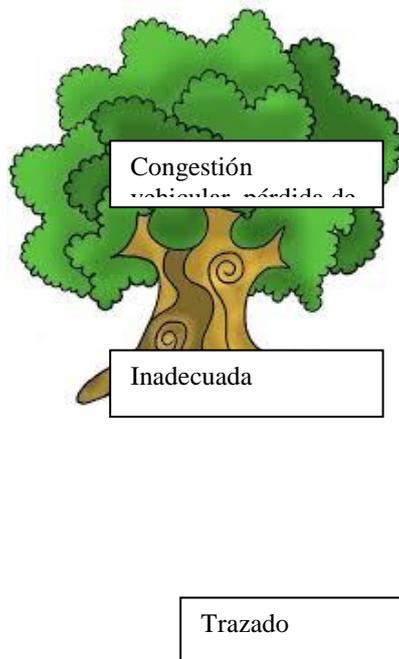
14.171,00 vehículos, por los efectos indicados anteriormente se tiene en la actualidad un flujo vehicular caótico y una adecuada distribución a varias localidades.

### 1.2.2. Análisis crítico

#### 1.2.2.1. Árbol de problemas

El trazado geométrico actual y la congestión vehicular, en el sector de Tillales, provincia de El Oro, el mismo que consiste en un diseño geométrico de Diamante con pesas.

Gráfico No.1 Árbol del problemas



#### 1.2.2.2. Relación causa-efecto

Durante la construcción de la autopista "Y" de Corralitos - Tillales, Se ha observado que los detalles constructivos no son lo suficientemente claros o explícitos o se pasó por alto algunos diseños relativamente pequeños. Esto conlleva a que el constructor solicite a fiscalización su respectiva aclaración o interpretación y en la mayoría de

casos se modifica el diseño y en pocos casos se realiza diseños nuevos, mientras se busca soluciones alternativas se produce retraso en la ejecución del proyecto, (Ver Anexo 1 Matriz de Análisis de Situaciones – MAS)

### **1.2.3. prognosis**

El ingreso inadecuado trazado geométrico actual el sector “Y” de Tillales, ocasiona la congestión vehicular, impide el desarrollo socio-económico, accidentes y una contaminación del medio ambiente.

### **1.2.4. Formulación del problema**

¿Es el trazado geométrico actual es la principal causa de un inadecuada distribución vial lo que produce una congestión vehicular, en el sector de Tillales provincia del El Oro?

### **1.2.5. Preguntas directrices**

- ¿Qué información se dispone para la realización de Estudios de Ingeniería a nivel de Proyectos Viales con alta tecnología?
- ¿Qué tipo de investigaciones, deberían realizarse para obtener los mejores resultados dentro de un estudio de un distribuidor de tráfico?
- ¿Cómo deberían ejecutarse los estudios de un distribuidor de tráfico?

### **1.2.6. Delimitación**

- **Campo:** Maestría en vías terrestre.
- **Área:** Trazado y Diseño geométrico de vías.
- **Aspecto:** Adecuada distribución vial.

- **Temporal:** Julio 2015 a Mayo 2016
- **Espacial:** La solución vial a proponer se encuentra ubicada entre los cantones Machala y El Guabo de la provincia del El Oro, y pertenecerá a la red principal de la parte sur del país, las coordenadas de ubicación UTM 9`634.788 Norte y 627.999 Este (Ver Anexo 2).

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

En el ámbito económico es importante realizar este proyecto porque posibilita el fomento agropecuario y desarrolla el intercambio y comercio de productos con el resto de provincias del país.

La planificación de un distribuidor de tráfico en el sector de Tillales tiene gran importancia en el área turística, porque incluyen en vías que dan acceso a zonas importantes de gran desarrollo.

El contar con carreteras, pasos laterales y distribuidores de tráfico, diseñados con altos estándares de calidad técnica, permitirá aumentar la durabilidad de estas vías, porque se necesita condiciones adecuadas de transitabilidad durante todo el año.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Estudiar el trazado geométrico actual y la congestión vehicular en el sector de Tillales, provincia de El Oro, mejora una distribución vial.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar el trazado geométrico actual para el mejoramiento de una distribución vial.
- Evaluar la congestión vehicular para el mejoramiento de una distribución vial.
- Proponer un distribuidor de tráfico, para la mejora de una adecuada distribución vial.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

El intercambiador de Tíllales se encuentra ubicada entre los cantones Machala y El Guabo de la Provincia de El Oro, y pertenece a la red principal de la parte sur del país, comunicando directamente al eje vial # 1 Piura - Guayaquil.

El inicio de esta Vía está en el Km. 59+384,00 y atraviesa el proyecto por zonas bananeras, una importante actividad agrícola de la zona y de la Provincia en general, y el final de la vía está en el Km. 68+389 del Corredor Arterial la Troncal de la Costa E-25, comunicando directamente los cantones de El Guabo con Santa Rosa que también forman parte de lo que actualmente es el carretero Huaquillas - Santa Rosa, mismos que corresponden a las Coordenadas UTM: INICIO: 9'634.788 NORTE y 623.501 ESTE; FINAL 9'641.191 NORTE Y 627.999 ESTE, la cota de inicio es 13,95 y la cota de fin de proyecto es 14,92.

La construcción de esta vía es de 8,30 kilómetros de longitud; inicia en el distribuidor de tránsito Y de Bella India, a partir del cual se puede dirigir a la frontera con el Perú y por otro lado en dirección al cantón Pasaje y de ahí continuar a la región Austral específicamente a las ciudades de Cuenca, Azogues y Biblián principalmente y, culmina en la carretera El Cambio-El Guabo en la entrada a la parroquia rural de Barbones, perteneciente al cantón El Guabo.

La construcción de esta vía y del intercambiador tiene la finalidad de mejorar la situación caótica en el tránsito de vehículos livianos, medianos, y pesados en los tramos El Guabo-intercambiador de ingreso a Machala (El Cambio) e intercambiador de El Cambio- Y de Corralitos que es el enlace a la ciudad de Pasaje y a la frontera con el Perú a la ciudad de Huaquillas.

En el campo industrial, el sector camaronero destinado al consumo del mercado interno y principalmente para la exportación representa la mayor industria en la región por la gran calidad del marisco. Entre otras está la producción alimenticia, la producción de papel, cristal, madera tratada, manufacturas y productos de mar que

constituyen una parte de la gran oferta que tiene para exportación, principalmente al vecino del sur, el Perú.

El área de influencia directa de un camino, considerando los dos lados del mismo, se define por medio de su demanda de uso en el transporte de productos o personas en determinado periodo de tiempo.

Desde el punto de vista geográfico, se considera a todas las zonas de origen y destino de los usuarios de esa carretera; además, por medio de la caracterización y análisis del área de influencia de una carretera pueden definirse las necesidades de su uso y los beneficios que surgen de él.

Para estimar la superficie del área de influencia directa del proyecto vial, se ha considerado que el cantón Machala es el beneficiario directo si se construye el paso lateral y, cuya superficie es de 337,5 Km<sup>2</sup>.

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

Como se indica en el Manuales de Diseño Geométrico, como las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras-MTOP 2003, el Manual de Diseño de Caminos Vecinales-MTOP 1984, los mismos son utilizados por el Ministerio de Obras Públicas para la revisión de los proyectos viales que se ejecutan en el Ecuador. Pero de alguna manera estos manuales son incompletos porque no han sido actualizados en función del crecimiento del parque automotor del Ecuador y además porque no se han integrado conceptos desarrollados por otros países del Continente que tienen de alguna manera un avance mayor en estos temas.

Según el Manual de Diseño de Carreteras (2003, MTOP), se dispone de tablas y diagramas que sirven para definir los elementos geométricos de una carretera como la velocidad de diseño, los radios mínimos de curvatura, los peraltes de las curvas, las distancias de visibilidad para rebasamiento y para frenado, entre otras. Además se orienta al proceso de correlacionar los elementos físicos de una vía con las condiciones de operación de los vehículos y las características del terreno. La razón es que esos elementos físicos se presentan por su geometría, como sucede con el alineamiento horizontal y vertical, las secciones transversales y las distancias de visibilidad, etc. En el diseño geométrico de una vía, es necesario establecer las

relaciones posibles entre la vía en potencia, el vehículo y el conductor, que son tres elementos que inciden directamente en la operación de transportar.

Las condiciones geológicas también influyen en la localización y en el aspecto Geométrico de una carretera, ya que en cierta clase de terrenos, la existencia de agua Subterránea y otras condiciones del subsuelo, pueden hacer inconveniente el diseño con bajos niveles de rasante o precisar de estructuras elevadas en lugar de rellenos.

### **2.2.1 Parámetros de diseño**

Parte fundamental en el proyecto de una carretera, consiste en obtener los elementos físicos de una vía tanto en planta como en perfil que atendiendo a condiciones prefijadas, proporcionen funcionalidad, seguridad vial, comodidad a los usuarios, armonía o estética de la obra en integración a su entorno procurando minimizar los impactos ambientales, todo dentro del menor costo posible tanto en la ejecución como en la explotación futura de la carretera.

#### **2.2.1.1 Velocidad de diseño**

Tomando en referencia a **Cárdenas Grisales James (2005:6-7)**, encontramos que la velocidad es el elemento básico para el diseño geométrico de carreteras y el parámetro de cálculo de la mayoría de los diversos componentes del proyecto.

La velocidad debe ser regulada, estudiada y controlada con el fin de que ella origine un perfecto equilibrio entre el usuario, y el vehículo y la carretera, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

La velocidad de diseño o velocidad del proyecto de un tramo de carretera es la velocidad guía o de referencia que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado en condiciones de comodidad y seguridad. Por lo tanto, ella representa una referencia mínima.

La velocidad de diseño se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo determinado de una vía, cuando las condiciones son tan favorables, que las características geométricas de la vía predominan.

Todos aquellos elementos geométricos de los alineamientos horizontal, de perfil y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, peraltes, anchos de carriles y bermas, anchuras y alturas libres, et., dependen de la velocidad de diseño y varían con un cambio de ella.

Al proyectar un tramo de carretera, hay que mantener un valor constante para la velocidad de diseño. Sin embargo los cambios drásticos y sus limitaciones mismas, pueden obligar a usar diferentes velocidades de diseño para distintos tramos.

Se debe considerar como longitud mínima de un tramo la distancia correspondiente a dos (2) kilómetros, y entre tramos sucesivo no se debe presentar diferencias en las velocidades de diseño superiores a los 20km/h.

La selección de la velocidad de diseño depende de la importancia o categoría de la futura carrera, de los volúmenes de transito que va a mover, de la configuración topográfica del terreno, de los usos de la tierra, del servicio que se quiere ofrecer, de las consideraciones ambientales, de la homogeneidad a lo largo de la carretera, de las facilidades de acceso (control de accesos), de la disponibilidad de recursos económicos y de las facilidades de financiamiento.

En la Cuadro No.2.0 se establecen los rangos de las velocidades de diseño que se deben utilizar en función del tipo de carretera según su definición legal y el tipo de terreno.

**CUADRO No. 2.0.**  
**Velocidades de diseño según tipo de carretera y terreno**

CATEGORÍA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO (km/h)													
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130				
Carretera Nacional	Montaña														
	Plano														
Carretera Provincial	Montaña														
	Plano														
Carretera Cantonal	Montaña														
	Plano														
Carretera Comunal	Montaña														
	Plano														

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

### 2.2.1.2 El tráfico

Basándome en los estudios realizados por **Hugo Auquilla (2012: - 53-55)**, el tráfico se refiere al movimiento o circulación de vehículos por la sección de una vía, en un tiempo determinado.

El Tráfico promedio diario anual “TPDA”, es el número de vehículos que circulan por un tramo de vía dividido para 365 días del año.

En nuestro estudio, no se dispone de datos específicos, sin embargo se ha realizado un conteo manual y se han considerado factores de expansión y proyección para el TPDA, asimilando criterios para encontrar las variables de vías con escenarios equivalentes, que más se aproximen al comportamiento del tráfico de la vía objeto del presente estudio. A más de ello se ha tenido presente que al momento que entre en funcionamiento la vía y durante su vida útil, existirá un considerable incremento del volumen de circulación de vehículos livianos como pesados.

Conocer sobre las características de carga y volumen de tráfico, que circula por la vía es una información esencial, al momento, del diseño, tanto geométrico como de pavimentos se refiere, ya que estos son parámetros indicadores, que demuestran el crecimiento y desarrollo del sector o zona de estudio.

En este capítulo se enmarca algunos objetivos primordiales como son:

- Establecer volúmenes actuales de tráfico en el tramo del proyecto.
- Definir características operacionales.
- Obtener datos importantes para el diseño de la vía.
- Análisis del transporte en la vía
- Proyectar el tráfico al año horizonte (20 años), en base a tasas de crecimiento.

Para el cumplimiento de los objetivos mencionados anteriormente, hemos dividido en dos etapas:

- Recopilación de información en el campo.
- Procesamiento de Datos y obtención de resultados.

### 2.2.1.2.1. Tráfico actual.

Para una carretera que va a ser mejorada el tráfico actual está compuesto por:

- a) Tráfico Existente: Es aquel que se usa en la carretera antes del mejoramiento y que se obtiene a través de conteos volumétricos de tráfico.
- b) Tráfico Desviado: Es aquel atraído desde otras carreteras o medios de transporte, una vez que entre en servicio la vía mejorada, en razón de ahorros de tiempo, distancia o costo.

Los conteos volumétricos manuales se lo realizaron clasificando los vehículos en tres clases:

Livianos: Incluyen todo vehículo que no tenga doble llanta en su eje trasero, automóviles, jeeps, camionetas y furgonetas.

Buses: Incluye todo tipo de vehículo para transporte de pasajeros que presente doble llanta en su eje trasero, (bus liviano).

Camiones: Vehículos destinados al transporte de carga que presenten doble llanta en el eje trasero, (camión liviano de eje simple C1).

### 2.2.1.3 Alineamiento horizontal

Según **James Cárdenas Grisales (2005: 13-14)**, en su trabajo de una manera general una carretera se puede concebir como un sistema que logra integrar beneficios, conveniencia, satisfacción y seguridad a sus usuarios; que conserva, aumenta y mejora los recursos naturales de l, el diseño el tierra, el agua y el aire; y que colabora en el logro d los objetivos del desarrollo regional, agrícola, industrial, comercial, residencial, recreacional y de salud pública.

En forma particular el diseño geométrico de carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos,

mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría. En este sentido la carretera queda geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal.

Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados *tangentes*, enlazados entre sí por *curvas*.

#### **2.2.1.4 Alineamiento vertical**

En la tesis de **Auquilla Hugo** (2012: internet) hace referencia que el alineamiento vertical es un perfil que representa la longitud de la vía y las alturas respectivas de los puntos junto con las abscisas, principales en un plano, se aprecian al igual que en el alineamiento horizontal una serie de tramos rectos que deben ser empatados por curvas verticales que permitan la transición suave, que resulte cómoda y segura entre pendientes rectas.

Al eje que se traza en mencionado perfil se lo puede denominar como rasante.

#### **2.2.1.5 Tipos de terrenos**

Según, **Agudelo John Jairo (2002: - 96-106)**, en su trabajo la topografía del terreno atravesado influye en el alineamiento de carreteras y calles. La topografía afecta el alineamiento horizontal, pero este efecto es más evidente en el alineamiento vertical. Para caracterizar las variaciones los ingenieros generalmente dividen la topografía en tres clasificaciones, de acuerdo con el tipo de terreno: plano, ondulado y montañoso. En Colombia debido a su difícil topografía se ha considerado un tipo de terreno adicional, el escarpado.

Cada tipo de terreno obliga, en términos generales, a unos diferentes patrones generales de diseño.

**Terreno llano.-** Es aquel que tiene una pendiente transversal de terreno natural entre el 0 - 5 %, permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.

**Terreno ondulado.-** Es aquel que tiene una pendiente transversal de terreno natural que varía entre el 5 - 25%, los vehículos pesados tienden a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos.

**Terreno montañoso.-** Es aquel que tiene una pendiente transversal de terreno natural que varía de 25 - 75 %, los vehículos pesados tienden a circular a una velocidad sostenida en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes.

**Terreno escarpado.-** Es aquel que tiene una pendiente transversal de terreno natural 75% que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente, que aquellas a la que operan en terreno montañoso.

## **2.2.2 Normas de diseño geométrico en el Ecuador**

“En el Ecuador se han elaborado diversos manuales que contienen las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, en base a estos como primer paso indico a continuación un resumen de los principales parámetros de diseño.”

### **2.2.2.1 Tipos de terreno.**

- a. Carreteras en terreno plano
- b. Carreteras en terreno ondulado
- c. Carreteras en terreno montañoso

### **2.2.2.2 Tráfico**

Aplicando los resultados publicados por el MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras) en base a las informaciones del tráfico, que comprende la determinación del tráfico actual, la determinación del tráfico futuro y tráfico proyectado, ha determinado la clasificación de las carreteras, que se muestra en el Cuadro No. 2.1.

#### **Clasificación de las carreteras**

Clase de Carretera	Trafico Proyectado TPDA
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

### 2.2.2.3 Velocidad de diseño

El manual MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras), define las velocidades de diseño de acuerdo a las normas absolutas y recomendables para carreteras, que se indican en el cuadro N° 2.2.

Al proyectar una vía, es conveniente, aunque no siempre factible el mantener un valor constante a la velocidad del proyecto. Sin embargo, los cambios en las condiciones topográficas pueden obligar a usar diferentes velocidades de proyectos para distintos tramos. Esta diferencia de velocidad no debe exceder de 20 Km / H.

**CUADRO No 2.2**

CATEGORÍA DE LA VÍA	TDA ESPESADO	VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h											
		BASICA (BELLEVILLANO)				PEQUEÑOS EN TERREMOS BRILES (BELLEVILLANO)				PEQUEÑOS EN TERREMOS BRILES (BELLEVILLANO)			
		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizar para los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizar para los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizar para los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizar para los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizar para los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal	Utilizar para los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad
Recomendable	Absoluta	Recomendable	Absoluta	Recomendable	Absoluta	Recomendable	Absoluta	Recomendable	Absoluta	Recomendable	Absoluta	Recomendable	Absoluta
E-6	120	110	100	95	110	100	95	110	100	95	110	100	95
E-5	110	100	95	90	100	90	85	100	90	85	100	90	85
II	100	90	85	80	90	80	75	90	80	75	90	80	75
III	90	80	75	70	80	70	65	80	70	65	80	70	65
IV	80	70	65	60	70	60	55	70	60	55	70	60	55
V	70	60	55	50	60	50	45	60	50	45	60	50	45

#### 2.2.2.4 Velocidad de circulación

Los valores de la velocidad de circulación de tráfico bajo se usan para el cálculo de las distancias de visibilidad para parada de un vehículo y los de velocidad de circulación de tráfico medio se usan para el cálculo de la distancia de visibilidad para rebasamiento de vehículos.

En el cuadro N° 2.3 se muestran las velocidades de circulación.

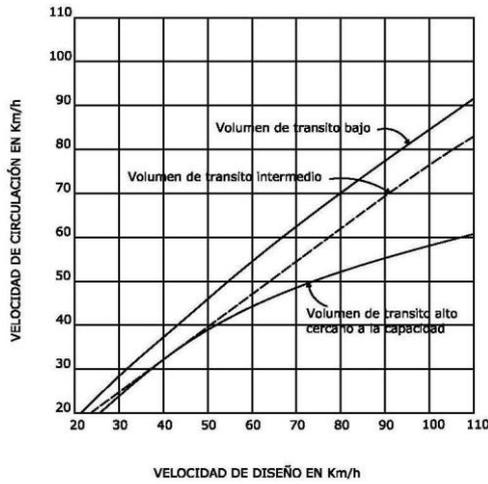
**CUADRO No. 2.3.**  
**Velocidad de circulación**

Velocidad de diseño en (kph)	VELOCIDAD DE CIRCULACION EN KPH		
	Volumen de tránsito bajo	Volumen de tránsito intermedio	Volumen de tránsito alto
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

En el Gráfico No. 2.0, se muestra la relación que existe entre la velocidad de diseño y la velocidad de circulación para volúmenes de tráfico bajo, intermedio y alto.

**Gráfico No. 2.0**



Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

### 2.2.2.5 Coeficiente de fricción lateral

A partir de innumerables pruebas realizadas por diferentes organizaciones se han obtenido valores aplicados al diseño del peralte como función de la velocidad.

Los valores del coeficiente de fricción, que se presentan en el cuadro No.2.4, disminuyen al aumentar la velocidad.

**CUADRO No. 2.4.**

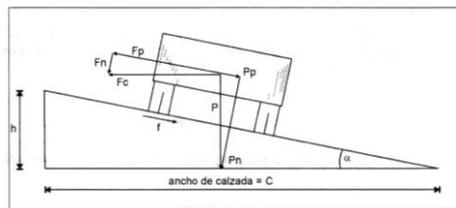
Velocidad específica (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Coeficiente de Fricción lateral	0.18	0.172	0.164	0.157	0.149	0.141	0.133	0.126	0.118	0.11	0.10	0.094	0.087

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

### 2.2.2.6 Peraltes

Cuando un vehículo avanza a lo largo de una curva se ve sometido a varias fuerzas: la fuerza motriz, en sentido longitudinal; su propio peso, verticalmente hacia abajo, y la fuerza centrífuga, por causa de la curvatura, radialmente hacia afuera. Pero el rozamiento entre la llanta y el pavimento desarrolla una fuerza de sentido contrario al de la fuerza centrífuga, es decir, hacia el centro de la curva que impide que el vehículo se deslice hacia el exterior, mientras la fuerza centrífuga se mantenga dentro de ciertos límites bajos.

**Gráfico No. 2.1.**



**Gráfico 2.2.2.6.1**

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

**CUADRO No. 2.5. Radios mínimos para un peralte del 10%**

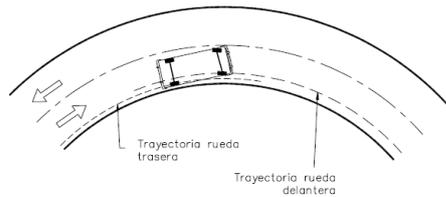
NORMAS	CLASE I 3000-8000 TPDA						CLASE II 1000-3000 TPDA						CLASE III 300-1000 TPDA					
	Recomendable			Absoluto			Recomendable			Absoluto			Recomendable			Absoluto		
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de Diseño (KPH))	110	100	80	100	80	70	110	100	80	100	80	60	100	80	60	90	70	50
Peralte máximo	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10
Radio mínimo (m)	440	350	210	350	210	160	440	350	210	350	210	115	350	210	115	280	160	80

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras) y **Chocontá Pedro (2004: 122-123).**

### 2.2.2.7 Sobreanchos

Cuando un vehículo circula sobre una curva horizontal sus ruedas traseras describen una trayectoria diferente a la de las ruedas delanteras. Dicha trayectoria corresponde a un arco de radio menor, es decir, que la rueda interna del eje posterior tiende a salirse de la vía tal como se observa en la Figura.

**Gráfico No. 2.2.**



Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

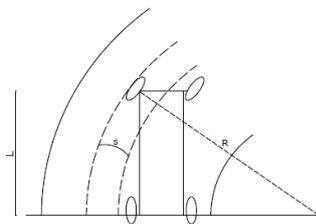
En algunas ocasiones se hace necesario especificar un ancho adicional de calzada en la curva con el fin de evitar que los vehículos se salgan de la vía. Este ancho es variable dependiendo las condiciones de la vía y la misma curva.

Los elementos que influyen en la determinación del ancho adicional, llamado sobreancho, son:

Ancho del carril, radio de la curva, deflexión de la curva, número de carriles y vehículo de diseño, velocidad de diseño.



**Gráfico No. 2.3. Detalle de Sobreancho**



Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

Dónde:

S = sobre ancho

R = radio de la curva horizontal

L = distancia entre ejes (base rígida) del vehículo.

### **2.2.2.8 Distancia de visibilidad de parada**

Según **John Jairo Agudelo (2002: 362-365)**, en su trabajo se define como distancia de visibilidad de parada, la distancia necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de diseño, pueda detener su vehículo en un punto cualquiera de la carretera en el momento en que se presente un obstáculo que pueda poner en riesgo su seguridad.

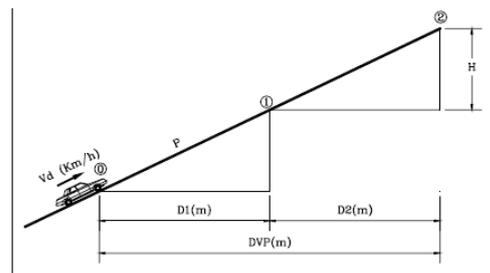
La longitud de vía que recorre un vehículo durante toda la maniobra de parada está compuesta por dos distancias que llamaremos D1 y D2.

D1 = Distancia recorrida durante la maniobra de percepción - reacción.

Cuando un conductor observa un obstáculo sobre la vía, analiza si este puede poner en riesgo su seguridad o la del vehículo, luego toma la decisión de frenar y por último lleva su pie al pedal del freno. Todo este proceso es lo que se denomina tiempo de percepción – reacción.

Aunque el tiempo de percepción – reacción depende de muchos factores en los que se cuenta la agudeza visual del conductor, las condiciones climáticas o de visibilidad, la edad y pericia del conductor, el tipo y tamaño del obstáculo, etc. Se ha obtenido experimentalmente valores de 1.5 segundos para el tiempo de percepción y 1 segundo para el de reacción. En Colombia se ha adoptado un valor total de 2.0 segundos.

**Gráfico No. 2.4**



Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

Partiendo de la ecuación Distancia = Velocidad x Tiempo se tiene entonces que:

$$D1 = Vd \times 2.0 \text{ segundos (Colombia)}$$

$$D1 = Vd \times 2.5 \text{ segundos (Otros países)}$$

**$D2$  = Distancia recorrida por el vehículo desde el momento en que se aplican los frenos hasta el momento en que el vehículo se detiene totalmente.**

Cuando el conductor aplica los frenos el vehículo se encuentra en la posición 1 y cuando se detiene está en la posición 2 recorriendo la distancia  $D2$  con un movimiento uniformemente desacelerado, con una velocidad inicial  $Vd$  y una velocidad final igual a cero.

De acuerdo al principio de conservación de la energía se tiene que la energía cinética en 1 ( $E1$ ) es igual a la energía potencial en 2 ( $E2$ ) más un trabajo ( $T$ ) realizado entre 1 y 2.

$$E1 = E2 + T \quad (1)$$

$$E1 = m.Vd^2/2 \quad (2)$$

$$E2 = m.g.H \quad (3)$$

$$T = W.fl.D2 \quad (4)$$

Dónde:  $m$  = masa del vehículo (Kg)

$g$  = Aceleración de la gravedad (9.81 m /seg<sup>2</sup>)

$Vd$  = Velocidad de diseño (Km/h)

$H$  = Distancia vertical recorrida por el vehículo

$W$  = Peso del vehículo

$fl$  = Coeficiente de fricción longitudinal

Se tiene además que:

$$H = D2 . P \quad (5)$$

$$W = m.g. \quad (6)$$

Reemplazando las ecuaciones 2, 3, 4, 5 y 6 en la ecuación 1 se tiene:

$$m.Vd^2/2 = m.g. D2 . P + m.g.fl.D2$$

Cancelando  $g$  y despejando  $D2$  se tiene que:

$$D2 = Vd^2 / 2g (fl + P)$$

Para poder ingresar la velocidad en Km/h debemos dividir entonces por 3.6 al cuadrado y al reemplazar  $g$  por 9.81 y considerando que la pendiente puede ser negativa, cuando el vehículo este descendiendo, obtenemos finalmente:

$$DVP = 0.556Vd + \frac{Vd^2}{254(fl \pm P)}$$

Que es la expresión para calcular la distancia de frenado de un vehículo que transita a una Velocidad de Diseño  $Vd$ , expresada en Km/h y sobre una superficie con una inclinación  $P$  expresada en decimales y un coeficiente de fricción longitudinal determinado.

Cabe anotar que el I.N.V. no considera el valor de la pendiente cuando esta es inferior al 3.0%, es decir que la asume como 0.0%.

### CUADRO No. 2.6.

#### Distancia de visibilidad mínima para la parada de un Vehículo condición pavimento mojado y gradiente Horizontal 0%

Velocidad de Diseño-Vd	Velocidad de Circulación Asumida-Vc	Percepción + Reacción para Frenaje		Coeficiente de Fricción Longitudinal "f"	Distancia de Frenaje "d2" Cero Gradiente	Distancia de Visibilidad para parada (d=d1+d2)	
		Tiempo (seg)	Distancia Recomendada "d" (m)			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	20	2,5	13,89	0,47	3,38	17,25	20
25	24	2,5	18,67	0,44	5,12	21,78	25
30	28	2,5	19,44	0,42	7,29	26,74	30
35	33	2,5	22,92	0,40	10,84	33,66	35
40	37	2,5	25,69	0,39	13,85	36,54	40
45	42	2,5	29,17	0,37	18,53	47,70	50
50	46	2,5	31,94	0,36	22,85	54,79	55
60	55	2,5	38,19	0,35	34,46	72,65	70
70	63	2,5	43,75	0,33	47,09	90,84	90
80	71	2,5	49,31	0,32	62,00	111,30	110
90	79	2,5	54,86	0,31	79,25	134,11	135
100	88	2,5	59,72	0,30	98,34	158,08	160

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

#### 2.2.2.9 Distancia de visibilidad de rebasamiento

Las normas toman en cuenta únicamente el caso de rebasamiento a un solo vehículo. En el cálculo de la mínima distancia de visibilidad de rebasamiento (M.D.V.R.), se asumen las siguientes hipótesis:

- El vehículo que va a ser rebasado, viaja a velocidad uniforme.
- El vehículo que va a rebasar, reduce la velocidad y sigue al vehículo a ser rebasado.
- Cuando llegan al sector del rebasamiento, el conductor del vehículo a rebasar, necesita de un corto tiempo para percatarse de que la zona a invadir está libre y reaccionar iniciando la maniobra de rebasamiento.

- d) El vehículo que rebasa acelera y su velocidad promedio es de 16 Km/h mayor a la del vehículo rebasado, mientras ocupa el carril izquierdo.
- e) Cuando el vehículo rebasante regresa a su carril original debe existir una distancia suficiente entre él y otro vehículo que se aproxima en sentido opuesto.

En el cuadro N° 2.8 se indican las diferentes distancias de visibilidad.

### CUADRO No. 2.7.

#### Distancia de visibilidad para el rebasamiento de un Vehículo

Velocidad de diseño (Kph)	Velocidad de circulación (Kph)	Velocidad del vehículo rebasante (Kph)	Mínima Distancia de visibilidad para el rebasamiento (m)	
			Calculada	Redondeada
40	35	51	268	270
50	43	59	345	345
60	50	66	412	415
70	58	74	488	490
80	66	82	563	565
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830*

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras) y **John Jairo Agudelo (2002: 362-365)**.

#### 2.2.2.10 Curvas verticales (convexas y cóncavas)

Según **John Jairo Agudelo (2002: 382-386)**, cuando se lleva a cabo el diseño de la rasante de una vía es necesario asumir o determinar la longitud apropiada de cada una de las curvas verticales que conforman dicha rasante. Esta longitud debe ser tal que además de brindar comodidad y suministrar una agradable apariencia y un adecuado drenaje, garantice la suficiente seguridad al menos en lo que respecta a la distancia de visibilidad de parada. Se hace entonces necesario determinar la longitud

mínima de la curva vertical de modo que a lo largo de esta y en sus proximidades se tenga siempre la distancia de visibilidad de parada.

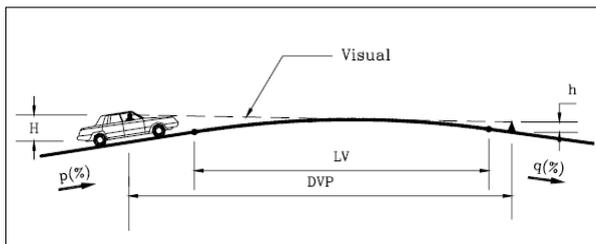
Para determina esta longitud se debe tener en cuenta si se trata de una curva vertical cóncava o una curva vertical convexa ya que las condiciones de visibilidad son diferentes. A su vez cada tipo de curva presenta dos casos; el primero cuando tanto el vehículo como el obstáculo se encuentran por fuera de la curva vertical y el segundo cuando ambos se encuentran ubicados dentro de la curva vertical.

Se debe aclarar que a continuación se darán solo las condiciones y elementos necesarios para el análisis pero no se demostrarán geoméricamente las expresiones finalmente obtenidas.

#### 2.2.2.11 Curva vertical convexa.

**Distancia de Visibilidad de parada > Longitud Vertical.** Para este caso se tiene la figura donde aparecen los siguientes elementos:

**Gráfico No. 2.5.**



Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

$L_v$  = Longitud curva vertical en metros

$DVP$  = Distancia de visibilidad de parada requerida en metros

$p$  = Pendiente inicial en porcentaje

$q$  = Pendiente final en porcentaje

$A$  = Diferencia algebraica de pendientes en porcentaje

$H$  = Altura del ojo del conductor = 1.15 m

$h$  = Altura del obstáculo = 0.15 m

La altura más crítica del ojo del conductor corresponde a vehículos muy bajos, donde el I.N.V. asume 1.15 m. mientras que la AASHTO 1.07 m. Por su parte para la altura del obstáculo se ha tomado un valor de 0.15 siendo este también un valor crítico ya que si es de mayor tamaño es más fácil de observar y si es de un tamaño menor ya no representa peligro para el conductor o su vehículo.

La expresión general obtenida es la siguiente:

$$L_v = 2DVP - \frac{200(\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}{A}$$

Reemplazando los valores de  $H$  y  $h$  se obtiene que:

$$L_v = 2DVP - \frac{404}{A}$$

### **2.2.3 Normas de diseño geométrico de Colombia**

Este Manual fue realizado por el Instituto Nacional de Vías, con la contribución de los ingenieros Rubén Darío Olarte Rodríguez y otros por lo tanto el Ministerio de Obras Públicas de Colombia publicó hace más de veinticinco años el Manual “Criterio Geométrico para Diseño de Carreteras”. La evolución que han tenido los vehículos, con capacidad cada día mayor y con velocidades más elevadas, requieren de más seguridad, mayor protección del entorno ambiental e imponen a las carreteras de nuevas disposiciones técnicas bajo estas consideraciones, el Instituto Nacional de Vías ha realizado la elaboración del “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras”,

el cual contempla las disposiciones legales vigentes sobre la materia y tiene carácter de norma para el diseño geométrico de las carreteras.

### 2.2.3.1 Tipos de terreno

Se consideran 4 tipos de terreno a ser:

- a. Carreteras en terreno plano
- b. Carreteras en terreno ondulado
- c. Carreteras en terreno montañoso
- d. Carreteras en terreno escarpado

### 2.2.3.2 Tráfico

De acuerdo **Chocontá Pedro (2004: PP 35-36)**, en su trabajo indica que la geografía física colombiana y al volumen de tráfico, se emplean diferentes tipos de velocidad de diseño. Para caminos de velocidad se aceptan los 30 volúmenes de tráfico de 500 a 2000 y más de 2000 vehículos al día como se observa en el siguiente cuadro.

#### CUADRO No. 2.8.

#### Volumen de tráfico

Terreno	TPD	
	500 a 2000	Más de 2000
Velocidad en kph		
Escarpado	40	-
Montañoso	60	60-80
Ondulado	80	80-100
Plano	100	100-120

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

El diseño de una carretera o de cualquiera de sus partes se debe basar en datos reales del Tráfico, o sea, del conjunto de vehículos que circulan o circularan por ella. El tráfico indica para qué servicio se va a construir la vía y afecta directamente las características geométricas del diseño. No es racional el diseño de una carretera sin

información suficiente sobre el tráfico, como tampoco lo es diseñar una viga sin conocer las cargas que debe soportar; la información sobre el tráfico permite establecer las cargas para el diseño geométrico, lo mismo que para el diseño de su estructura.

Los datos del tráfico deben incluir las cantidades de vehículos o volúmenes por días del año y por horas del día, como también la distribución de los vehículos por tipos y por pesos, es decir su composición.

### 2.2.3.3 Velocidad de diseño normativa.

“En el cuadro N° 2.12 se presenta el rango de las velocidades que se deben utilizarse en función de carretera según su definición y el tipo de terreno”

**CUADRO No. 2.9.**

**Velocidad de diseño normativa-**

Terreno	TPD		
	Hasta 500	500 a 2000	Más de 2000
Velocidad en kph			
Escarpado	40	40	-
Montañoso	50	60	60-80
Ondulado	60	80	80-100
Plano	70	100	100-120

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

### 2.2.3.4 Velocidad de operación

“La velocidad de marcha y cuando no se disponga de un estudio real de ella en campo bajo las condiciones prevalecientes, se toman como valores teóricos los comprendidos entre el 85% y el 95% de la velocidad de diseño, tal como se muestran en el cuadro N° 2.2.3.4” (Manual de diseño de Carreteras Estudios Nacional de Vías-Colombia)

### CUADRO No. 2.10.

#### Velocidad de marcha teórica en función de la velocidad de diseño

Velocidad de diseño Vd (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Rangos de la Velocidad de marcha Vm (km/h)	25,5	34,0	42,5	51,0	59,5	68,0	76,5	85,0	93,5
Velocidad media de marcha (Km/h)	27	36	45	54	63	72	81	90	99

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

#### 2.2.3.5 Velocidad de circulación

La velocidad de operación o de circulación es la velocidad de un vehículo en un tramo específico de la carretera; su valor se obtiene dividiendo la distancia recorrida por el tiempo en el que el vehículo se mueve para recorrer el tramo, la velocidad de circulación para diferentes condiciones de tráfico se muestran en el cuadro N° 2.2.3.5. (Chocontá Pedro (2004: 49-53))

### CUADRO No. 2.11.

#### Velocidad de circulación para diferentes condiciones de Tráfico

Velocidad de diseño (kph)	Velocidad de Operación Promedio (kph)		
	Volumen de Tránsito		
	Bajo	Medio	Alto
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	-
120	105	85	-

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

### 2.2.3.6 Peraltes

Para carreteras de velocidad se fija un peralte máximo de 8%, el cual permite mantener aceptables especificaciones y no incomodar a vehículos que viajan a Velocidades menores.

En el cuadro N° 2.2.3.6, se puede ver los peraltes que el Ministerio de Transporte aconseja utilizar para cada velocidad de diseño. Según **Cárdenas Grisales James (2005: 160-164)**

**CUADRO No. 2.12.**

Velocidad de Diseño (Km/h)	Peralte recomendado(emáx)
70	8
80	7.5
90	7
100	6.5

### 2.2.3.7 Radios de curvas horizontales

Según **Cárdenas Grisales James (2005: 155-160)** en su trabajo el radio mínimo  $R_{\min}$ , es el límite para una velocidad específica  $V_e$  del vehículo, calculado a partir del peralte máximo  $e_{\max}$  y del coeficiente de fricción transversal máximo  $f_{T\max}$ , según la ecuación siguiente.

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

Según el manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Instituto Nacional de Vías, en la tabla N° 2.16 se presentan los radios mínimos absolutos  $R_{\min}$ , calculados con la ecuación anterior, para las velocidades específicas indicadas  $V_e$ , los peraltes recomendados  $e_{\max}$  y los coeficientes de fricción transversal máximos  $f_{T\max}$ .

**CUADRO No. 2.13**  
**Radios mínimos absolutos**

Velocidad de diseño (Km/h)	Peralte (%) recomendado(emáx)	Coeficiente de fricción (f)	RADIO MÍNIMO (R <sub>mín</sub> )	
			CALCULADO (m)	RECOMENDADO (m)
70	8,0	0,149	168	170
80	7,5	0,141	233	235
90	7,0	0,133	314	315
100	6,5	0,126	412	415

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

### 2.2.3.8 Sobreechanco de la curva para un carril

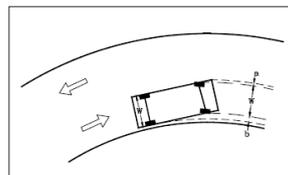
**Agudelo John Jairo (2002: 460 - 465)**, hace hincapié en el Gráfico No 2.6 también se puede observar los anchos adicionales que se generan por la trayectoria desarrollada por un vehículo en una curva.  $W$  es la distancia entre bordes externos de las llantas requeridas en un tramo en tangente.

En un tramo en curva se genera un ancho adicional externo, cuyo valor es denotado por  $a$  y un ancho adicional interno denotado por  $b$ .

A continuación se analiza la situación de dos camiones que se cruzan en una curva, gráfico No. 2.7, con el fin de determinar el sobreechanco necesario para la curva.

Cabe anotar que dicho análisis se realiza sin tener en cuenta la berma, solo el ancho de calzada y además considerando que los vehículos viajan a la velocidad de equilibrio.

**Gráfico No. 2.6. Anchos adicionales**



Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

En la figura se tiene un triángulo rectángulo con catetos  $L$  y  $R1-d$  e hipotenusa  $R1$ ,

o sea que:

$$d = R1 - R12 - L2$$

Dónde:

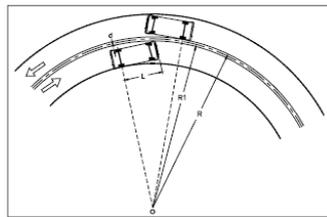
$d$  = Distancia radial entre trayectoria de llantas delanteras y llantas traseras

$L$  = Distancia entre la parte frontal del vehículo y el eje trasero

$R1$  = Radio del arco descrito por la esquina exterior delantera del vehículo

$R$  = Radio del eje de la curva

**Gráfico No. 2.7.**



Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

La expresión completa es conocida como la fórmula de Barnett y es la siguiente:

$$S = 2(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{0.1V^2}{\sqrt{R}}$$

Dónde:

$S$  = Sobreechancho requerido para la curva (m)

$R$  = Radio de la curva (m)

$L$  = Distancia entre parte frontal y eje trasero del vehículo de diseño (m)

$n$  = Número de carriles de la calzada

## CUADRO N° 2.14.

### Sobreechanco según la AASHTO

Calzada (m)	7.2										6.8					6.0					
	Velocidad de Diseño (Km/h)										Velocidad de Diseño (Km/h)					Velocidad de Diseño (Km/h)					
V (Km/h)	60	60	70	80	90	100	110	120	60	70	80	90	100	110	120	60	70	80	90	100	110
1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
1000	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	
760	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	
600	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	
400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5			0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1		
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5			0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1					
260	0.4	0.5	0.5	0.6				0.7	0.8	0.8	0.9			1.0	1.1	1.1	1.2				
200	0.6	0.7	0.8					0.9	1.0	1.1				1.2	1.3	1.3	1.4				
160	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
140	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
130	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
120	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
110	0.7							1.0						1.3							
100	0.8							1.1						1.4							
90	0.8							1.1						1.4							
80	1.0							1.3						1.6							
70	1.1							1.4						1.7							

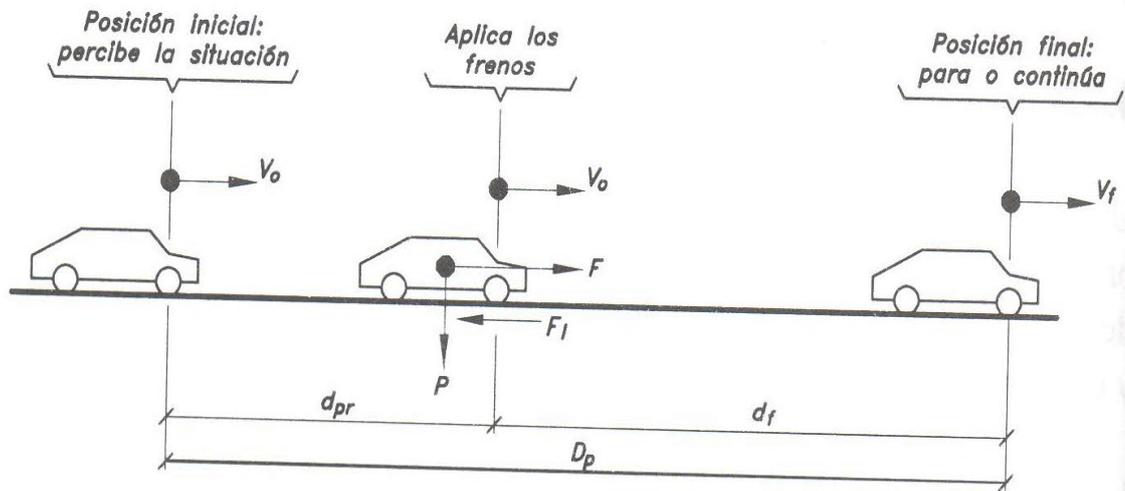
Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

#### 2.2.3.9 Distancia de visibilidad de parada

Tomando en referencia **Cárdenas Grisales James (2005: 313-314)** se considera como distancia de visibilidad de parada  $D_p$  de un determinado punto de una carretera, la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que circula aproximadamente a la velocidad de diseño pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo fijo que aparezca en su trayectoria.

Entonces la longitud requerida  $D_p$  para detener el vehículo en las anteriores condiciones, de acuerdo con el esquema ilustrado en la figura 2.2.3.9, será la suma de dos distancias: la distancia recorrida durante el tiempo de *percepción – reacción*  $d_{pr}$  y la distancia recorrida durante el *frenado*  $d_f$ . Esto es:

Gráfico No. 2.8



$$D_p = d_{pr} + d_f$$

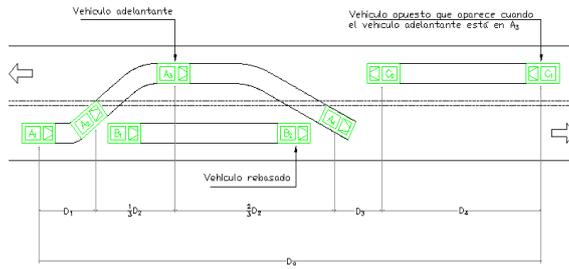
Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

Dependiendo de la complejidad del obstáculo y de las características del conductor, el tiempo de percepción reacción puede variar de 0.50 a 4.0 segundos.

### 2.2.3.10 Distancia de visibilidad de adelantamiento

Basándome en los estudios de **Cárdenas Grisales James (2005: 317-318)**, Un tramo de carretera de dos carriles y de circulación en dos sentidos, tiene *distancia de visibilidad de adelantamiento*  $D_a$ , cuando la distancia de visibilidad en ese tramo es suficiente para que, en condiciones de seguridad, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro, que circula por el mismo carril, a una velocidad menor, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible en el momento de iniciarse la maniobra de adelantamiento.

**Gráfico No. 2.8**



Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

De donde:

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

D1= Distancia recorrida durante el tiempo de percepción – reacción (2.0 segundos) del conductor que va a efectuar la maniobra (mts.).

D2= distancia recorrida por el vehículo adelantante durante el tiempo desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regresa a su carril (8.3 segundo, valor experimental), (mts.).

D3= distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo adelantante y el vehículo que viene en la dirección opuesta, recorrida durante el tiempo de despeje (2.0 segundos, valor experimental), (mts.).

D4= distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto (estimada en 2/3 de D2), (mts.).

Por razones de seguridad, se supone que toda la maniobra de adelantamiento se realiza de diseño Vd. Según lo anterior, la distancia mínima de visibilidad de adelantamiento  $D_a$  es aproximadamente a:

$$D_a = 5Vd$$

## CUADRO N° 2.15.

### Oportunidades de adelantar por tramos de 5 kilómetros

VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (km/h)	30-60	60-80	80-100
LONGITUD MINIMA CON DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (%)	20%	30%	40%

Fuente: Instituto Nacional de Vías. Manual de diseño Geométrico para carreteras, Bogotá 1998.

#### 2.2.3.11 Pendientes longitudinales máximas.

**Chocontá Pedro (2004: 138-139)** indica en cuanto a la longitud de cada pendiente, se ha tratado de encontrar el valor máximo que solamente produzca una reducción de velocidad aceptable desde el punto de vista económico; esa longitud máxima se llama, “longitud critica de la pendiente” y la reducción de velocidad aceptable se considera normalmente la mitad de la velocidad de diseño.

En proyectos de carreteras donde sobrepase la longitud crítica de la pendiente y el TPD sea superior a 1000 vehículos, una alternativa para mantener la capacidad y el nivel de servicio en valores aceptables es el diseño del llamado “carril lento” para los vehículos pesados que suben como se indica en el cuadro N° 2.2.3.11

## CUADRO No. 2.16.

### Pendientes Longitudinales Máximas

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de Diseño									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera principal	Plano	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3
	Ondulado	-	-	-	-	-	5	5	4	4	4
	Montañoso	-	-	-	-	-	6	6	5	5	5
	Escarpado	-	-	-	-	-	7	6	6	6	-
Carretera principal	Plano	-	-	-	-	5	4	4	3	-	-
	Ondulado	-	-	-	6	6	5	5	4	-	-
	Montañoso	-	-	-	8	7	7	6	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	8	8	7	-	-	-	-
Carretera secundaria	Plano	-	-	7	7	7	6	-	-	-	-
	Ondulado	-	11	10	10	9	8	-	-	-	-
	Montañoso	-	12	11	11	10	-	-	-	-	-
	Escarpado	15	14	13	12	-	-	-	-	-	-
carretera terciaria	Plano	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14	13	13	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	16	15	14	-	-	-	-	-	-	-

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

#### 2.2.3.12 Curvas verticales (convexas y cóncavas)

Las curvas verticales se utilizan para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas, con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos, ayudan también a la seguridad, a la comodidad y a la mejor apariencia de la vía. Casi siempre se usan arcos parabólicos, en vez de arcos circulares como en las curvas horizontales.

En el cuadro N° 2.20 se tiene los valores de las constantes K, en función de la velocidad de diseño para curvas convexas, en el cuadro N° 2.21 para curvas cóncavas.

#### 1. Curvas Verticales Convexas.

La longitud mínima de las curvas verticales se determina en base a los requerimientos de la distancia de visibilidad para parada de un vehículo,

considerando una altura del ojo del conductor de 1,15 metros y una altura del objeto que se divisa sobre la carretera igual a 0,15 metros. Esta longitud se expresa por la siguiente fórmula:

$$L = AS^2/426$$

En donde:

L = longitud de la curva vertical convexa, expresada en metros.

A = diferencia algebraica de las gradientes, expresada en porcentaje.

S = distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, expresada en metros.

La longitud de una curva vertical convexa en su expresión más simple es:

$$A = K * L$$

En los cuadros VII-2 Y VII-3 se indican los diversos valores de K para las diferentes velocidades de diseño y para las diversas clases de carreteras, respectivamente.

### CUADRO No. 2.17.

#### Curvas verticales convexas mínimas

VELOCIDAD DE DISEÑO kph	DISTANCIA DE VIABILIDAD PARA PARADA "s" metros	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0,94	1
25	25	1,47	2
30	30	2,11	2
35	35	2,88	3
40	40	3,76	4
45	50	5,87	6
50	55	7,1	7
60	70	11,5	12
70	90	19,01	19
80	110	28,4	28
90	135	42,78	43
100	160	60,09	60
110	180	76,06	80
120	220	113,62	115

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

## CUADRO No. 2.18.

### Valores mininos de diseño del coeficiente “k” para la determinacion de la longitud de curvas verticales convexas mininas

Clase de Carretera				Valor Recomendable			Valor Absoluto			
				L	O	M	L	O	M	
R—I	R—II	>	8.000	TPDA	115	80	43	80	43	28
I	3.000	a	8.000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1.000	a	3.000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1.000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de		100	TPDA	12	7	4	7	3	2

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

L = Terreno llano.

O = Terreno ondulado.

M = Terreno montañoso.

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas, expresada en metros, se indica por la siguiente fórmula:

$$L_{min}=0.60V$$

#### Curvas Verticales Cóncavas.

Por motivos de seguridad, es necesario que las curvas verticales cóncavas sean lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad necesaria para la parada de un vehículo.

La siguiente fórmula indica la relación entre la longitud de la curva, la diferencia algebraica de gradientes y la distancia de visibilidad de parada.

$$L=AS^2/122+3.5S$$

La fórmula anterior se basa en una altura de 60 centímetros para los faros del vehículo y un grado de divergencia hacia arriba de los rayos de luz con respecto al eje longitudinal del vehículo.

La longitud de una curva vertical cóncava en su expresión más simple es:

$$L = K A$$

En los cuadros 2.18 y 2.19 se indican los diversos valores de “K” para las diferentes velocidades de diseño y para las varias clases de carretera.

**CUADRO No. 2.19.**

**Curvas verticales cóncavas mínimas**

VELOCIDAD DE DISEÑO kph	DISTANCIA DE VIABILIDAD PARA PARADA "s" metros	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

Según Normas de Diseño Geométrico (2003: 207-212)

**2.2.3.13 Ancho recomendado en calzada**

Los anchos de carril normalmente utilizados en recta son de 2.50 m, 3.00 m, 3.50m. En la tabla N° 2.2.3.13 se suministran los anchos de calzada recomendados en función del tipo de carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño.

**CUADRO No. 2.20.**

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de Diseño VD (Km/h)								
		30	40	50	60	70	80	90	100	110
Carretera principal	Plano	-	-	-	-	-	-	7,3	7,3	7,3
	Ondulado	-	-	-	-	-	7,3	7,3	7,3	7,3
	Montañoso	-	-	-	-	-	7,3	7,3	7,3	7,3
	Escarpado	-	-	-	-	-	7,3	7,3	7,3	7,3
Carretera principal	Plano	-	-	-	-	7,3	7,3	7,3	7,3	-
	Ondulado	-	-	-	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	-
	Montañoso	-	-	-	7,3	7,3	7,3	7,3	-	-
	Escarpado	-	-	-	7	7	7,3	-	-	-
Carretera secundaria	Plano	-	-	7	7,3	7,3	7,3	-	-	-
	Ondulado	-	7	7	7,3	7,3	7,3	-	-	-
	Montañoso	-	6,6	7	7	7	-	-	-	-
	Escarpado	6	6	6,6	7	-	-	-	-	-
carretera terciaria	Plano	-	5	6	6,6	-	-	-	-	-
	Ondulado	5	5	6	6,6	-	-	-	-	-
	Montañoso	5	5	6	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	5	5	6	-	-	-	-	-	-

Según Cárdenas Grisales James (2005: 350-351 ), en su trabajo

**2.2.3.14 Ancho recomendado en espaldón**

Según **Hernández Casallas Fideligno( 2005: 147-148)**, el ancho en metros puede ser de 0.50 – 1.00 – 1.50 – 2.00 – 2.50 – 3.0, dependiendo del trafico promedio diario (TDP) de vehículos que espera tener la vía, del ancho de calzada y de la velocidad de diseño.

El siguiente cuadro muestra los anchos mínimos para bermas, recomendado por el Ministerio de Obras Públicas.

**CUADRO No. 2.21.**

Tráfico prom. Diario (Veh./día)	Ancho Calzada	Velocidades de Diseño (Km/h)								
		40	50	60	70	80	100	60-80	80-100	100-120
Menos de 250	6.00	0.50	1.00	1.00	1.50					
250 a 500		1.00	1.00	1.00	1.50					
500 a 1.000	7.00	1.00		1.00		1.50	2.00			
1.000 a 2.000		1.50		1.50		2.00	2.50			
2.000 a 5.000	7.00							2.50	2.50	3.00

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

### 2.2.3.15 Anchos de zona mínimos

Basado en los estudios de **Cárdenas Grisales James (2005: 353-354)**, es la faja del terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliación si la demanda del tráfico así se lo exige, servicio de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico. En la tabla 2.2.3.15 aparecen los anchos mínimos de derecho de vía recomendado a esta zona no se le podrá dar uso privado.

**CUADRO N° 2.22.**

TIPO DE CARRETERAS	ANCHO MINIMO DE ZONA (M)
PRINCIPAL 2 CALZADAS	> 30
PRINCIPAL 1 CALZADAS	24/30
SECUNDARIA	20-24
TERCIARIA	15-20

Según MTOP (2003: Revisión de la Norma de Diseño Geométrico de Carreteras)

## 2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Según la LEY DE CAMINOS Decreto Supremo 1351, Registro Oficial 285 de 7 de Julio de 1964, capítulo I de los caminos públicos.

Art. 1.- Definición.- Son caminos públicos todas las vías de tránsito terrestre construidas para el servicio público y las declaradas de uso público.

Se consideran, además, como públicos los caminos privados que han sido usados desde hace más de quince años por los habitantes de una zona.

Art. 2.-Control y aprobación de los trabajos.- Todos los caminos estarán bajo el control del Ministerio de Obras Públicas, sin perjuicio de las obligaciones que, respecto de ellos, deban cumplir otras instituciones o los particulares.

Todo proyecto de construcción, ensanchamiento, mejoramiento o rectificación de caminos, formulado por cualquier entidad o persona, deberá someterse previamente a la aprobación del Ministerio de Obras Públicas, sin cuyo requisito no podrán realizarse los trabajos, salvo que se trate de caminos internos de una propiedad particular.

Art. 3.- Derecho de vía.- Establecerse el derecho de vía, que consiste en la facultad de ocupar, en cualquier tiempo, el terreno necesario para la construcción, conservación, ensanchamiento, mejoramiento o rectificación de caminos.

En el acuerdo de aprobación del proyecto de una obra vial se determinará el derecho de vía correspondiente.

Cuando menos ocho días antes de la ocupación, se dejará la respectiva nota de aviso en la propiedad, bien sea al dueño, o a uno de sus familiares o a cualquier persona morador del inmueble.

Si no se encontrare a persona alguna, la nota se dejará a uno de los más cercanos vecinos del predio.

La constancia del cumplimiento de este requisito, sentada por el correspondiente empleado, no será susceptible de impugnación.

En el día y hora indicados para la ocupación en la nota de aviso, se constituirá en el lugar el representante de la Dirección General de Obras Públicas o de la entidad a cuyo cargo este la obra, pudiendo concurrir los interesados y hacer sus observaciones. Se levantará acta en la que se describirá el terreno materia de la ocupación, sus cultivos, construcciones y demás detalles que se estimen necesarios para calcular los perjuicios.

Podrán omitirse la aprobación del proyecto, la nota de aviso y la diligencia prevista en el inciso que antecede, en los casos de ocupación provisional o de obras urgentes para evitar la interrupción del tránsito; pero el empleado que realizare la ocupación provisional o que dirigiere la obra urgente, elevará una relación a la respectiva

autoridad, indicando el terreno a ocuparse, sus cultivos, construcciones y demás detalles que se estime necesarios.

Una vez reparado el daño del camino, se restablecerán las cosas al estado anterior.

Art. 4.-Apertura de nuevos caminos.- El Ministerio de Obras Públicas podrá ordenar la apertura de los nuevos caminos que se necesiten en las diversas secciones del territorio nacional; y las instituciones llamadas a construirlos cumplirán los requisitos legales.

Art. 5.- Partes de los caminos.- Forman parte integrante de los caminos: los senderos laterales para peatones y animales, los taludes, las cunetas o zanjas de desagües, terraplenes, puentes, obras de arte de cualquier género, habitaciones para guarda puentes, camineros y otros requerimientos análogos permanentes.

Asimismo, se considerará que forman parte del camino, para los efectos de esta Ley, los terrenos necesarios para depósito de maquinarias o materiales, habitaciones de trabajadores, campamentos y otros requerimientos análogos transitorios.

Todos los estudios a ejecutarse deben estar respaldados en el marco legal de los Procedimientos concebidos de los manuales de Diseños Geométricos de Carreteras emitidos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador y por el Instituto nacional de Vías (INVIAS) como son Especificaciones Generales para construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F y el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003, y el Manual de Diseño Geométrico del Instituto Nacional de vías.

## **2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**

### **2.4.1. Visión dialéctica de conceptualizaciones que sustentan las variables del problema**

#### **2.4.1.1. Marco conceptual variable independiente**

- Las actividades de topografía a tomarse al inicio de los estudios del paso lateral. Esta información se la revisa y procesa con métodos modernos, como

son programas de topografía y vías. Con esta información se procede a realizar los diseños horizontales y verticales aplicando las normas de diseño geométrico actuales.

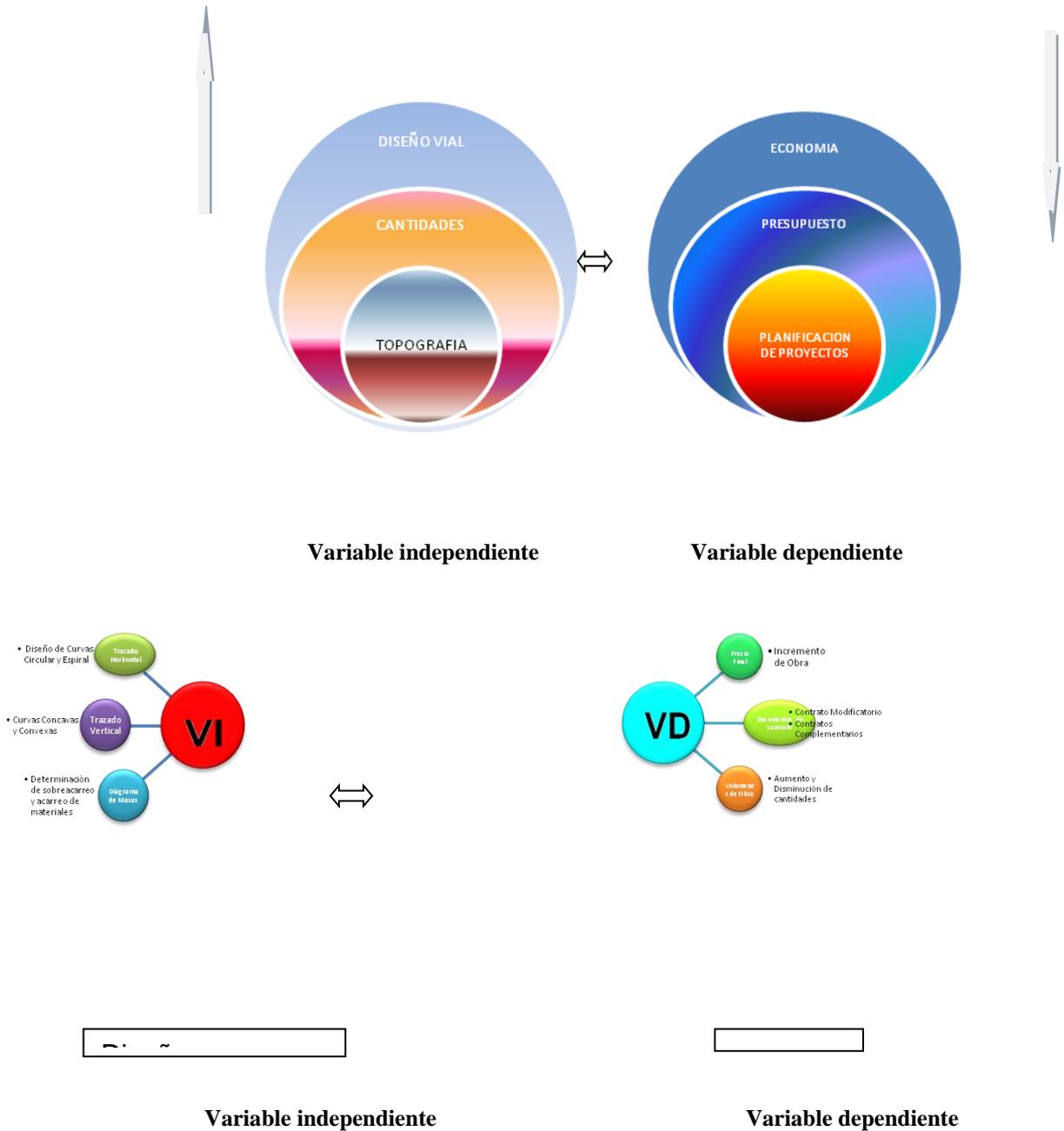
- Como resultado de estas actividades se dispone de planos definitivos con proyecto Horizontal y vertical y mediante un Informe se resume las características logradas en el proyecto y las mismas se indican en un resumen final.
- Las cantidades de obra de la autopista pueden llegar a variar según su avance y continuidad en la misma, en algunos de los casos se pueden presentar reajustes a los rubros contratados.
- El diseño actualmente no ha sufrido modificación alguna por lo tanto se continúa con la construcción de la estructura del pavimento.

#### **2.4.1.2. Marco conceptual variable dependiente**

- Al ser un proyecto de ciclo vital, desde su concepción, su nacimiento y desarrollo, su fase adulta, hasta su término.
- El presupuesto inicial puede presentar modificaciones con el desarrollo del estudio.
- Con la realización del Paso Elevado Tillales, las zonas aledañas a esta se beneficiaran elevando su economía y se incorporara su desarrollo a la producción Nacional.

## 2.4.2. Gráficos de inclusión interrelacionados

Gráfico No. 2.9



## **2.5 HIPÓTESIS**

El Diseño Geométrico del paso Elevado Tíllales, permitirá la descongestión vehicular por el centro de la ciudad.

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

**Variable Independiente:** El Diseño Geométrico del Paso Elevado Tíllales

**Variable Dependiente:** Permitirá la Fluidez de tráfico ya que sobre esta gran Autopista intercepta la vía hacia la unión, lo que facilitaría el desarrollo socio económico de la Ciudad.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 ENFOQUE INVESTIGATIVO

“Por otra parte, el enfoque que el investigador le dé a su estudio determina cómo se iniciará este. Si un investigador piensa en realizar un estudio sobre un tema ya estudiado previamente pero dándole un enfoque diferente, el estudio puede iniciarse como exploratorio. Por ejemplo, el liderazgo ha sido investigado en muy diversos contextos y situaciones (en organizaciones de distintos tamaños y características, con trabajadores de línea, gerentes, supervisores, cte.; en el proceso de enseñanza - aprendizaje; en diversos movimientos sociales de masas y otros muchos contextos). Así mismo, las prisiones como forma de organización también han sido estudiadas. Sin embargo, alguien puede pretender llevar a cabo una investigación para analizar las características de las líderes en las cárceles o reclusorios de mujeres en la Ciudad de México y qué factores hacen que las líderes ejerzan como tales. Su estudio se iniciará como exploratorio -suponiendo que no encuentre antecedentes desarrollados sobre los motivos que provocan el fenómeno del liderazgo...” **R. Hernandez (1997: Internet).**

“La investigación social cuantitativa está directamente basada en el paradigma explicativo. Este paradigma, ya presentado en el primer módulo de este curso, utiliza preferentemente información cuantitativa o cuantificable para describir o tratar de explicar los fenómenos que estudia, en las formas que es posible hacerlo en el nivel de estructuración lógica en el cual se encuentran las ciencias sociales actuales.

La reconstrucción de la práctica científica, que se hace habitualmente en los textos de metodología de la investigación, presenta ese proceso en una forma un tanto idealizada, debido a que .por su naturaleza puede ser bastante complejo. Como consisten en una serie de etapas y tareas que se darían en forma lineal, unas tras otras. Si bien ésta será la forma didáctica que utilizaremos en este texto, adhiriendo a Kaplan plenamente, reconocemos que .una lógica reconstruida no es una descripción (exacta), sino más bien una idealización de la práctica científica. Ni siquiera el más grande de los científicos tiene un estilo cognitivo que sea entera y perfectamente

lógico... “Kaplan, Abraham. **The Conduct of Inquiry. San Francisco, Ca. Chandler (1964. Pp. 10-11).**

El estudio obtuvo relevancia cuantitativa y cualitativa por tratarse de una metodología específica para la evaluación de la vulnerabilidad de las infraestructuras en función de la intensidad de las catástrofes que tienen mayor probabilidad de aparición.

Se trata de un instrumento de información que permite orientar geográficamente la acción e inversión social, pública y privada, hacia la población más expuesta. Se basa en la estimación de un conjunto de amenazas naturales: peligro sísmico. Además se complementará con la construcción de un puente en el río Jubones e intercambiadores Y de Corralitos, el mismo está localizado al sur del país en la provincia de El Oro, limitando con el vecino país del Perú.

## **3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Investigación de campo**

La investigación de campo Según **V. Soto.Lemes, (2010: Internet)**, “forma de recolectar información y determinar la calidad de los datos en que se basan los hallazgos, análisis y conclusiones, sino, también como elemento integrador del proceso de investigación que permita realizar una lectura de la realidad más específica”.

La información base para la determinación de los riesgos, tiene que ser levantada in situ por medio de GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

### **3.2.2. Investigación bibliográfica-documental**

Según **L. Martinez, et al. (2005:Internet)**, ” aportes realizados sobre este tema por otros autores, los cuales facilitan una serie de pautas para un correcto análisis del proyecto y para esto se ha tomado información de libros, revistas, informes técnicos,

Internet , que contengan datos serios y relevantes, con un alto grado de interés para el éxito de la investigación.”

La investigación Bibliográfica, en esta investigación tiene el propósito de conocer y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada, basándose en documentos o en libros y otras publicaciones

### **3.3 NIVEL Y EQUIPO INVESTIGATIVO**

#### **3.3.1. Niveles de investigación**

Según, **R. Hernández (1997: Internet)**, Es el estudio sistemático, controlado, empírico, reflexivo y crítico de proposiciones hipotéticas sobre supuestas relaciones que existen entre fenómenos.

Permite descubrir nuevos hechos o datos, relaciones o leyes en cualquier campo del conocimiento humano.

Los niveles de investigación fueron, la *histórica* que aplico no sólo a la historia sino también a las ciencias de la naturaleza, *exploratoria* porque se destacó los aspectos fundamentales de una problemática determinada, *descriptiva* (señaló sus características y propiedades) y *explicativa* (respondió o dio cuenta de los porqués del objeto que se investigó), en razón de que además de haber tenido la necesidad de describir las causas y consecuencias que producirán los fenómenos naturales, se tuvo que dar soluciones para disminuir la vulnerabilidad de las vías en el cantón Machala.

#### **3.3.2. Investigación descriptiva**

Según **V. Soto-Lemes, (2010: Internet)**, “la investigación además tiene elementos descriptivos ya que se señala las características y propiedades de las zonas”.

Se lo utilizara al momento de detallar las características del tramo de vía Férrea, de igual forma permite describir el problema mediante la aplicación de métodos y

técnicas para la recolección de información primaria y secundaria que será procesada.

### **3.3.3. Investigación asociación de variables correlacional**

Según **A. Inda, et al. (2013: Internet)**, “examina asociaciones donde si surge algún cambio en una variable surge también un cambio en la otra”.

En la presente investigación se tuvo que correlacionar las variables en estudio para poder conocer las causas y consecuencias que se produciría al interactuar entre ellas y de esta manera poder predecir los fenómenos a estudiar. Esta examina asociaciones donde si surge algún cambio en una variable surge también un cambio en la otra.

### **3.3.4. Investigación explicativa**

Según **R. Fernández, (2008: Internet)**, “La descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales

La presente investigación es explicativa ya que respondió o dio cuenta del porqué del objeto que se investigó, en razón de que además de haber tenido la necesidad de describir las causas y consecuencias que producirán los fenómenos naturales, se tiene que dar soluciones para la congestión vehicular en el Sector De Tillales, Provincia De El Oro.

## **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

Según, **Hernández (1997: Internet)**. “*Los diseños de tendencia o trend son aquellos que analizan cambios a través del tiempo (en variables o sus relaciones) dentro de alguna población en general. Por ejemplo, una investigación para analizar cambios en la actitud hacia el aborto en una comunidad. Dicha actitud se mide en varios puntos en el tiempo (digamos anualmente durante 10 años) y se examina su evolución a lo largo de este periodo. Se puede observar o medir toda la población o*

bien tomar una muestra representativa de ella cada vez que se observen o midan las variables o las relaciones entre éstas. La característica distintiva de los diseños de tendencia o trend es que la atención se centra en una población.....”

“Básicamente categorizamos a las muestras en dos grandes ramas: *las muestras no probabilísticas y las muestras probabilísticas. En estas últimas todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos.* Esto se obtiene definiendo las características de la población, el tamaño de la muestra y a través de una selección aleatoria y/o mecánica de las unidades de análisis. Imagínense el procedimiento para obtener el número premiado en un sorteo de lotería. Este número se va formando en el momento del sorteo, a partir de las bolitas (con un dígito) que se van sacando después de revolverías mecánicamente hasta formar el número, de manera que todos los números tienen la misma probabilidad de ser elegidos.”

“En las *muestras no probabilísticas*, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características del investigador o del que hace la muestra. Aquí el procedimiento no es mecánico, ni en base a fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de una persona o grupo de personas, .y desde luego, las muestras seleccionadas por decisiones subjetivas tienden a estar sesgadas. *El elegir entre una muestra probabilística o una no probabilística, depende —sí, otra vez— de los objetivos del estudio, del esquema de investigación y de la contribución que se piensa hacer con dicho estudio.* Para ilustrar lo anterior mencionaremos varios ejemplos que toman en cuenta dichas consideraciones.”

El presente trabajo tomó en cuenta las principales vías que se encuentran en el cantón

Machala, que son las siguientes:

- Panamericana Norte.
- Corredor arterial E25 (Troncal de la Costa).

### **3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Es un proceso que se inicia con la definición de las variables en función de factores estrictamente medibles a los que se les llama indicadores.

El proceso obliga a realizar una definición conceptual de la variables para romper el concepto difuso que ella engloba y así darle sentido concreto dentro de la investigación, luego en función de ello se procese a realizar la definición operacional de la misma para identificar los indicadores que permitirán realizar su medición de forma empírica y cuantitativa, al igual que cualitativamente llegado el caso.

### 3.5.1. Operacionalización de la variable independiente

CUADRO 3.0

<b>OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: <i>Inadecuado distribución vial</i></b>				
<b>CONCEPTUALIZACIÓN</b>	<b>CATEGORÍAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ITEMS BÁSICOS</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>
<p><b>La inaplicación o aplicación incorrecta de una distribución vial que se produce en la intersección de la de una vía.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Descongestión vehicular</i></li> <li>• <i>Desarrollo socio-económico</i></li> <li>• <i>Conservación de la vía</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Incremento de % de vehículos por año.</i></li> <li>• <i>Incrementos en actividades del comercio.</i></li> <li>• <i>La normativa indica que el mantenimiento de cualquier solución vial debe ser periódicamente.</i></li> </ul>	<p>¿Cuál es incremento anual de vehículos?</p> <p>¿Con respecto a la norma es bajo, medio o alto?</p> <p>¿Por qué razón se determinan los volúmenes de anuales de vehículos?</p> <p>¿Cuál es la situación actual o real de la distribución vial actual en esto sectores?</p>	<p>Observación</p> <p>Fichas de campo</p>

CUADRO No. 3.1

3.5.2. Operacionalización de la variable dependiente

<b>OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE: <i>Diseño geométrico</i></b>				
<b>CONCEPTUALIZACIÓN</b>	<b>CATEGORÍAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ITEMS BÁSICOS</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>
<p><b><i>El adecuado Diseño Geométrico depende por las siguientes razones.</i></b></p> <p><b><i>La aplicación adecuada de un diseño geométrico es la solución de una fluidez continua vehicular.</i></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Calculo del tráfico promedio diario anual (TPDA)</i></li> <li>• <i>Diseño Horizontal</i></li> <li>• <i>Diseño Vertical</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Tasa vehicular por año del sector.</i></li> <li>• <i>Características Geométricas.</i></li> <li>• <i>Trazado Horizontal.</i></li> <li>• <i>Trazado vertical.</i></li> </ul>	<p><i>¿Cuál es incremento de vehículos a futuro?</i></p> <p><i>¿Cuáles son las características Geométricas de la vía?</i></p> <p><i>¿Qué tipo de vehículos pasan actualmente por el sector?</i></p>	<p>Observación</p> <p>Fichas de campo</p>

### 3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Metodológicamente para **Luis Herrera E. y otros (2002: 174-178 y 183-185)**, la construcción de la información se opera en dos fases: plan para la recolección de información y plan para el procesamiento de información.

“En el informe de la investigación se señalan los datos obtenidos y la naturaleza exacta de la población de donde fueron extraídos. La población a veces llamada universo o agregado constituye siempre una totalidad. Las unidades que la integran pueden ser individuos, hechos o elementos de otra índole. Una vez identificada la población con la que se trabajará, entonces se decide si se recogerán datos de la población total o de una muestra representativa de ella. El método elegido dependerá de la naturaleza del problema y de la finalidad para la que se desee utilizar los datos.”  
J. Herrera (2014: Internet).

Este plan contempla estrategias metodológicas requeridas por los objetivos (ver Pág. 11) e hipótesis de investigación (ver Pág. 63), de acuerdo con el enfoque escogido que para el presente estudio es predominantemente cuantitativo (ver Pág. 68), considerando los siguientes elementos:

- **Definición de los sujetos: personas u objetos que van a ser investigados.**  
Observa los cambios e investigaciones representativas concernientes a modificaciones en los diseños originales, siempre tratando de mejorar las condiciones de plazo y costo de la obra, sin dejar atrás la documentación concerniente a ella.
- **Selección de las técnicas a emplear en el proceso de recolección de información.** Explicación en función del contenido de las columnas de técnicas e instrumentos de recolección de información de las diferentes matrices de operacionalización por variables (ver Pág. 62 la página que corresponde a los cuadros de operación de variables).
- **Instrumentos seleccionados o diseñados de acuerdo con la técnica escogida para la investigación.** Explicación en función del contenido de las

columnas de técnicas e instrumentos de recolección de información de las diferentes matrices de operacionlización por variables (ver Pág. 62) y (ver Anexos Figura 3.4.1 y 3.4.2)

- **Selección de recursos de apoyo (equipos de trabajo).** Explicación sobre la(s) persona(s) que participarán en la investigación voluntariamente sin ningún tipo de remuneración económica, indicando la función exacta a realizar. NOTA: estas personas no pertenecen a la población de estudio. El trabajo fue desarrollado en su totalidad por el autor.

**Explicitación de procedimientos para la recolección de información, cómo se va a aplicar los instrumentos, condiciones de tiempo y espacio, etc.** Según **J. Herrera (2013: Internet).**

Este trabajo se enmarca en la investigación analítica debido a que se analiza el problema general del cumplimiento de plazo en la construcción de la autopista “Y” de Corralitos Tillales y lo pormenoriza en los factores principales que producen retraso siendo estos la construcción de pilotes pre barrenados en la cimentación de estructuras principales y la estabilización de suelos utilizando columnas de grava.

**CUADRO No. 3.2. Procedimiento de recolección de información**

TÉCNICAS	PROCEDIMIENTO
Observación	¿Cómo? Listado de actividades y formatos a seguir.
	¿Dónde? Intersección autopista “Y” de Corralitos Tillales.
	¿Cuándo? Recaudación de información.

Elaborador por: Ing. Víctor Campoverde S. (2014)

El método a utilizar es el analítico.

## **3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

### **3.7.1. Plan de procesamiento de información**

- **Revisión crítica de la información recogida.** Es decir limpieza de información defectuosa: contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.
- **Repetición de la recolección.** En ciertos casos individuales, para corregir fallas de contestación.

Tabulación o cuadros según variables de cada hipótesis: manejo de información, estudio estadístico de datos para presentación de resultados.

## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **4.1 INTERPRETACIÓN DE DATOS**

Parte medular del mantenimiento de las vías, es establecer los flujos del tráfico actuales y las condiciones en que se encuentra la vía existente, para lograr determinar la solución vial que se debe ejecutar para la funcionalidad del mismo.

En este capítulo se presentara los datos obtenidos en los estudios de campo y oficina, para que en base a estos resultados se pueda elaborar el planteamiento adecuado funcional.

#### **4.2 INVENTARIO VIAL**

##### **4.2.1 Evaluación del tráfico**

La evaluación del tráfico consiste en el conteo de vehículos que transitan por la vía en estudio para determinar promedio diario anual constituye el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado, en días completos, igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período.

##### **4.2.2 Ubicación e importancia del proyecto**

La Vía se encuentra ubicada entre los cantones Machala y El Guabo de la Provincia de El Oro, y pertenecerá a la red principal de la parte sur del país, comunicando directamente al eje vial # 1 Piura - Guayaquil. El inicio de esta Vía está en el Km. 60+400 y el final en el Km. 68+000 del Corredor Arterial Troncal de la Costa E-25 del tramo Y de Corralitos – Tillales.

El Tramo de autopista producto de este estudio, formara parte de la red arterial de la E-25 Troncal de la Costa, comunicando directamente los cantones de El Guabo con Santa Rosa que también forma parte de lo que actualmente es el carretero Huaquillas, Santa Rosa mismos que corresponde a las Coordenadas UTM: INICIO: 9'634.788 NORTE y 623.501 ESTE; FINAL 9'641.191 NORTE Y 627.999 ESTE, se inicia en

la cota 13,951 y termina en la cota 14,922, está inscrito totalmente en la Carta Topográfica IGM, de escala 1: 50.000, cuya codificación es CT-NVI-A3, con numeración 3684-III, de nombre Machala.

#### **4.2.3 Características generales del proyecto**

Los estudios de Ingeniería definitivo corresponden a la construcción del tramo de autopista de 8.3 Km, con una sección de 33.10 m, lo que corresponde a seis carriles más espaldones internos y externos incluyendo las cunetas y bordillos; considerando que existe una barrera jersye que dividirá la vía en los dos sentidos, con pavimento de hormigón hidráulico de 29 cm. de espesor, mismo que fue calculado de acuerdo al conteo de tráfico y tipo de suelo existente. Sección típica para las autopistas dispuestas por el MTOP. (Ver Anexo 3)

#### **4.2.4 Estudio de tráfico vehicular existente.**

Tomado del estudio de tráfico realizado por la Consultoría realizada por el Ing. Marco Acosta, para la realización de los Estudios Definitivos de Factibilidad para la Construcción del Distribuidor de Tráfico ubicado en la “Y” de Corralitos.

La demanda en proyectos viales se refiere a los distintos volúmenes de vehículos que circulan o necesitan moverse, para cumplir con el objetivo de trasladar a personas y carga de un sitio a otro, constituyendo viajes con sus respectivos origen y/o destino.

Cuando se desea conocer los volúmenes de tránsito vehicular que circulan por una vía, parte de ella, o para un sistema de vías, se hacen estudios por medio de conteos y encuestas de origen y destino en estaciones ubicadas en sitios estratégicos en las diferentes vías.

La investigación de la demanda del tráfico vehicular se lo realiza en el tramo vial Redondel de El Cambio – El Guabo y en la Intersección “Y” Corralitos, ya que, parte de estos volúmenes de tráfico serán desviados para que circulen por el proyecto propuesto.

El estudio de la demanda existente y sus características, implica la realización de las siguientes actividades:

- Conteos volumétricos de tráfico vehicular
- Conteos Volumétricos de Tráfico vehicular

Los volúmenes de tráfico se cuantificaron mediante aforos automáticos y manuales.

Los aforos volumétricos automáticos, se efectuaron en la estación de conteo ubicada en el tramo vial El Cambio – El Guabo, sector de La Iberia.

Se utilizó aparatos llamados contadores de tipo neumático, los mismos que detectan número de ejes sin tomar en cuenta la clasificación de acuerdo al tipo de vehículo. Ver fotografía del equipo utilizado.

Los conteos tuvieron una duración de siete días continuos, durante veinte y cuatro horas/día, de una semana considerada representativa y normal, comprendida entre el 29 de enero al 5 de febrero del 2012, para las dos direcciones de circulación.

#### **4.2.5 Contador automático de tráfico vehicular**

**Gráfico No.4.0**



Aforos volumétricos clasificatorios, se llevaron a cabo en dos estaciones de conteo, la una ubicada en la estación de los conteos automáticos, durante tres días (domingo, jueves y viernes) y la segunda ubicada en la “Y” Corralitos, durante dos días de conteo ( martes y miércoles). Los conteos fueron realizados por encuestadores que contabilizaron los vehículos de acuerdo a su categoría de: livianos, buses y camiones.

#### **Encuestas de Origen y Destino**

Las encuestas de origen y destino se ejecutaron para obtener datos referidos al número y tipo de viajes que se realizan entre los distintos orígenes y/o destinos y utilizan el tramo vial El Cambio – El Guabo y que son fundamentalmente los usuarios de van o provienes de las ciudades de: Machala, Pasaje y Santa Rosa con sus lugares y poblaciones de influencia.

El objetivo fundamental de la realización de los censos, es la de obtener la información para elaborar las matrices que permitan determinar el tráfico desviado al proyecto. Adicionalmente se recopila un conjunto de información sobre algunas características de los viajes, como son: marca de vehículos, vehículo tipo, logrando así obtener la información necesaria para el análisis económico y el estudio de costos de operación de vehículos.

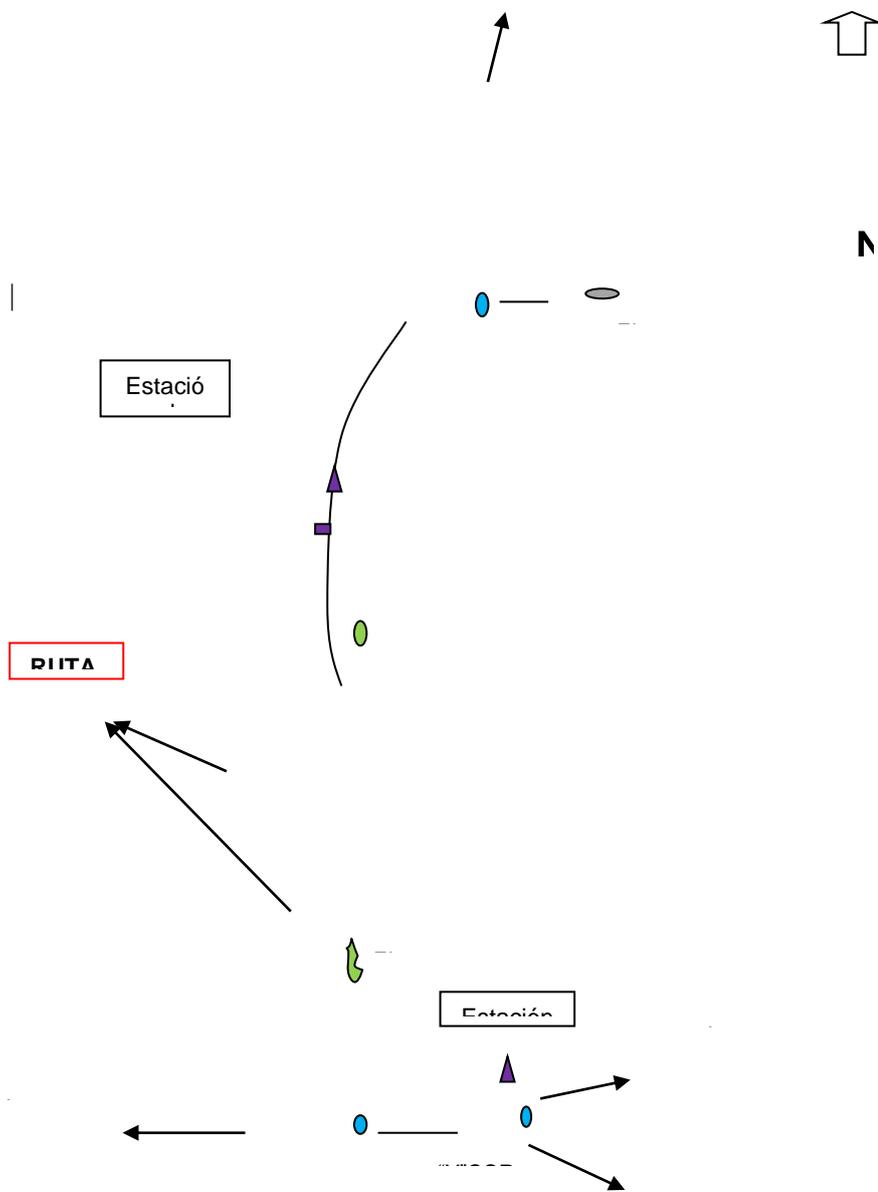
Las encuestas de origen y destino se efectuaron el día lunes 30 de enero del 2012, en la estación, ubicada en el tramo El Cambio – El Guabo, sector La Iberia. Ver

Fotografías y la ubicación de la estación de conteo y censo en Croquis No. 1.

### Gráfico No 4.1

CROQUIS No.1

UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTEO ENCUESTAS DE ORIGEN Y DESTINO



## **ESTACIÓN DE CONTEO AUTOMÁTICO**

**Estación ubicada en tramo: el cambio – el guabo**



**Gráfico No 4.2**

## **ESTACIÓN UBICADA EN TRAMO: EL CAMBIO – EL GUABO**

**Personal encuestando a los conductores de vehículos**



**Gráfico No 4.3**

#### **4.2.5.1. Interpretación de resultados del tráfico**

De acuerdo a análisis de las diferentes evaluaciones realizadas a las características de la vía en estudio se define los siguientes resultados:

La muestra encuestada está en función del volumen de tráfico diario y tiene el siguiente detalle:

Se encuestaron 2474 vehículos que corresponde el 17.5% con respecto al TPDA existente de 14171 vehículos, lo que estamos cumpliendo con la norma establecida en la Guía de Estudios de Factibilidad del MTOP que dice: En un lugar que tenga o supere el TPDA de 8000 vehículos se requiere encuestar a una muestra que cumpla lo siguiente:

$$\%ECUESTAR = \frac{100000}{TPDA}$$

Para el presente estudio tenemos que debería encuestarse el 7.05% del TPDA lo que representa unas 1000 encuestas.

#### **4.2.6 Evaluación de la subrasante**

##### **4.2.6.1 Investigación de campo**

Con la finalidad de determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo de la subrasante se han realizado 12 calicatas entre 1,00 m. y 1,60 metros de profundidad, las calicatas se las realiza en los donde se proyectara la autopista tomadas en lo ancho de la faja.

Es necesario recalcar que el estudio realizado se complementa con la información de calicatas y ensayos de laboratorio proporcionados por la El Gobierno Provincial Autónomo de El Oro, realizados en el laboratorio de la Institución, y cuyos cuadros de resumen se adjuntan a este informe.

En las calicatas realizadas se recuperaron muestras alteradas hasta una profundidad de 1,00 m. obteniendo muestras cada 0,50 m. o en profundidades intermedias de producirse el cambio de estrato. En las muestras recuperadas se realizaron los siguientes ensayos: compactación (relación humedad- densidad) y valor soporte (C.B.R.), granulometría, Límites de Atterberg, pesos unitarios y humedad natural en el cuadro 2-1 se presenta el resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio.

Como complemento a la investigación se efectuó el ensayo de densidad de campo, para determinar el grado de compactación con el fin de verificar las condiciones de humedad y densificación en que se encuentra el suelo de la subrasante.

#### **4.2.6.2 Descripción general del suelo de la subrasante**

La plataforma donde se construirá la autopista, actualmente está conformada por terrenos netamente agrícolas, principalmente utilizados para la siembra de banano, cuyo material lo conforman suelos A7 y A4 en forma general, con valores de C.B.R. que varían de 2,34% a 5, 27%.

Las calicatas se realizaron dentro de las siguientes ubicaciones:

##### **CALICATA 1.**

Podemos observar que se encuentra en la parte de arriba material mismo de las bananeras como hojas y tallos se limpió para poder realizar la excavación, al comienzo de la excavación con un material arcilla de color café oscuro dura con poca humedad a 0,50 m de profundidad se tomó un arcilla misma de color café un poca más humedad, a la profundidad de 1,00 m se encontró una arcilla de color café claro más blanda con más humedad, a 1,50 m de profundidad tenemos el mismo material una arcilla de color café claro blanda con un contenido de humedad más alto.

Es este punto el nivel freático no estaba todavía a la profundidad tomada de las muestras pero se pudo ver que el suelo estaba más húmedo pero no llegaba el nivel.

#### GRAFICO No. 4.4 ESTRATO EN EL CAMPO



#### CALICATA 2.

Encontramos vegetación en la parte de arriba donde se procedió a realizar la muestra, se realizó la excavación la primera parte a 0,38 m tenemos una arcilla café oscura un poco húmeda, a 0,90 m tenemos otro estrato una arcilla café clara y a 1,50 estamos con un estrato de una arcilla color gris blanda.

Es este punto el nivel freático no estaba todavía a la profundidad tomada de las muestras pero se pudo ver que el suelo estaba más húmedo pero no llegaba el nivel freático.

#### GRAFICO No. 4.5 ESTRATO EN EL CAMPO

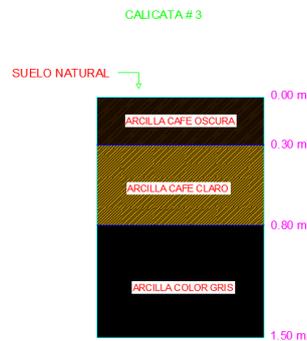


### CALICATA 3.

Es esta muestra tenemos un material de una arcilla café oscura a profundidad de 0,30 m, se encontró una arcilla de color café claro no muy humedad a 0.80 m de profundidad, a 1,50 m de profundidad se encontró una arcilla de color gris con un contenido de humedad alto.

Es este punto el nivel freático no estaba todavía a la profundidad tomada de las muestras pero se pudo ver que el suelo estaba más húmedo pero no llegaba el nivel freático.

GRAFICO No. 4.6 ESTRATO EN EL CAMPO

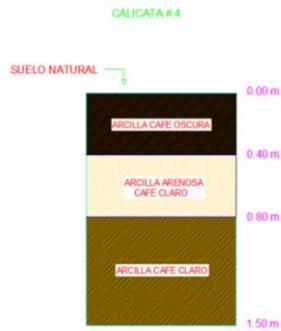


### CALICATA 4.

Podemos observar que se encuentra en la parte de arriba material mismo de las bananeras como hojas y tallos también vegetación se limpió para poder realizar la excavación, al comienzo de la excavación con un material arcilla de color café oscura a 0,40 m de profundidad, a 0,80 m nos encontramos con un estrato de arcilla arenosa de color café clara, a 1,50 m nos encontramos con un estrato de una arcilla de color café claro.

Es este punto el nivel freático no estaba todavía a la profundidad tomada de las muestras pero se pudo ver que el suelo estaba más húmedo pero no llegaba el nivel freático.

## GRAFICO No. 4.7 ESTRATO EN EL CAMPO



### CALICATA 5.

Podemos observar que se encuentra en la parte de arriba material mismo de las bananeras como hojas y tallos también vegetación se limpió para poder realizar la excavación, al comienzo de la excavación con un material arcilla de color café oscuro a 0,40 m de profundidad, a 0,90 m nos encontramos con un estrato de arcilla café claro, a 1,50 m nos encontramos con un estrato de una arcilla color gris.

Es este punto el nivel freático se encontraba a la profundidad de 1,30 m de las muestras tanto por lo que se procedió a sacar las muestras con un alto contenido de humedad.

## GRAFICO No. 4.8 ESTRATO EN EL CAMPO

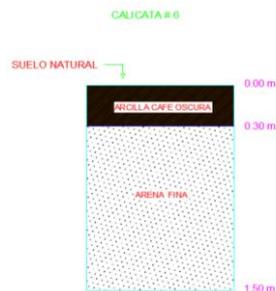


## CALICATA 6.

Podemos observar que se encuentra en la parte de arriba material mismo de las bananeras como hojas y tallos también vegetación se limpió para poder realizar la excavación, al comienzo de la excavación con un material arcilla de color café oscura a 0,30 m de profundidad, desde esa profundidad hasta a 1,50 m nos encontramos con un estrato de una arena fina un poco humedad.

Es este punto el nivel freático no estaba todavía a la profundidad tomada de las muestras pero se pudo ver que el suelo estaba más húmedo pero no llegaba el nivel freático.

GRAFICO No. 4.9 ESTRATO EN EL CAMPO

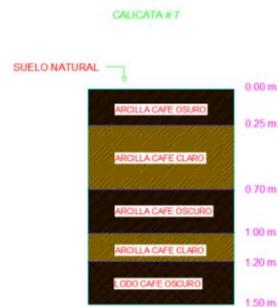


## CALICATA 7.

Podemos observar que se encuentra en la parte de arriba material mismo de las bananeras como hojas y tallos también vegetación se limpió para poder realizar la excavación, al comienzo de la excavación con un material arcilla de color café oscura a 0,25 m de profundidad, a 0,70 m nos encontramos con un estrato de arcilla de café claro, a 1,00 m con un estrato de material de arcilla color oscura, a 1,20 m nos encontramos con un estrato de una arcilla de color claro, a 1,50 m nos encontramos con un estrato de capa de lodo café oscuro. Muy blando.

Es este punto el nivel freático no estaba todavía a la profundidad tomada de las muestras pero se pudo ver que el suelo estaba más húmedo pero no llegaba el nivel freático.

GRAFICO No. 4.10 ESTRATO EN EL CAMPO



#### CALICATA 8.

Podemos observar que se encuentra en la parte de arriba material mismo de las bananeras como hojas y tallos también vegetación se limpió para poder realizar la excavación, al comienzo de la excavación con un material arcilla de color café oscuro a 0,30 m de profundidad, a 0,80 m nos encontramos con un estrato de arcilla de color café claro, a 1,50 m nos encontramos con un estrato de una arcilla de un color café oscura.

Es este punto el nivel freático no estaba todavía a la profundidad tomada de las muestras pero se pudo ver que el suelo estaba más húmedo pero no llegaba el nivel freático.

GRAFICO No. 4.11 ESTRATO EN EL CAMPO



### CALICATA 9.

Podemos observar que se encuentra en la parte de arriba material mismo de las bananeras como hojas y tallos también vegetación se limpió para poder realizar la excavación, al comienzo de la excavación con un material arcilla de color café oscura a 0,30 m de profundidad, a 0,90 m nos encontramos con un estrato de arcilla de color café clara, a 1,50 m nos encontramos con un estrato de una arcilla de color gris.

Es este punto el nivel freático no estaba todavía a la profundidad tomada de las muestras pero se pudo ver que el suelo estaba más húmedo pero no llegaba el nivel freático.

GRAFICO No. 4.12 ESTRATO EN EL CAMPO



### CALICATA 10.

Podemos observar que se encuentra en la parte de arriba material mismo de las bananeras como hojas y tallos también vegetación se limpió para poder realizar la excavación, al comienzo de la excavación con un material arcilla de color café oscura, a 0,60 m de profundidad, a 1,10 m nos encontramos con un estrato de arcilla de color de café claro, a 1,50 m nos encontramos con un estrato de una arcilla de color gris.

Es este punto el nivel freático no estaba todavía a la profundidad tomada de las muestras pero se pudo ver que el suelo estaba más húmedo pero no llegaba el nivel freático.

GRAFICO No. 4.13 ESTRATO EN EL CAMPO

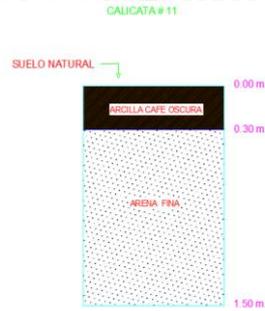


### CALICATA 11.

Podemos observar que se encuentra en la parte de arriba material mismo de las bananeras como hojas y tallos también vegetación se limpió para poder realizar la excavación, al comienzo de la excavación con un material arcilla de color café oscura a 0,30 m de profundidad, de ahí desde esa profundidad hasta a 1,50 m nos encontramos con un estrato de arena fina un poco humedad.

Es este punto el nivel freático no estaba todavía a la profundidad tomada de las muestras pero se pudo ver que el suelo estaba más húmedo pero no llegaba el nivel freático.

GRAFICO No. 4.14 ESTRATO EN EL CAMPO



#### CALICATA 12.

Podemos observar que se encuentra en la parte de arriba material mismo de las bananeras como hojas y tallos también vegetación se limpió para poder realizar la excavación, al comienzo de la excavación con un material arcilla de color café clara a 0,30 m de profundidad, desde esa profundidad hasta la de 1,50 m nos encontramos con un estrato de una arcilla color café claro.

Es este punto el nivel freático no estaba todavía a la profundidad tomada de las muestras pero se pudo ver que el suelo estaba más húmedo pero no llegaba el nivel freático.

## GRAFICO No. 4.15 ESTRATO EN EL CAMPO



### 4.2.6.3. ANALISIS

El suelo analizado hasta la profundidad de 1,50 m en las calicatas de acuerdo a lo solicitado, presenta seis estratos definidos en los estratos vistos en el momento de la excavación.

ESTRATO 1.- Tenemos un estrato de arcilla de color café oscuro en todas las calicatas en diferentes profundidades.

ESTRATO 2.- Tenemos un estrato de arcilla de color café clara en las calicatas menos en la calicata # 6 y # 11 a diferentes profundidades. En cada una de las calicatas.

ESTRATO 3.- Tenemos un estrato de arcilla de color gris muy blanda en la calicata # 2, # 3, # 5, # 9, # 10 de profundidad diferentes.

ESTRATO 4.- Tenemos un estrato de arcilla arenosa de color café claro en la calicata # 4 de profundidad.

ESTRATO 5.- Tenemos un estrato de arena fina en la calicata # 6 y #11 de profundidad de 0,30m a 1,50m.

ESTRATO 6.- Tenemos un estrato de un lado café oscuro en la calicata # 7, a la profundidad de 1,50m

#### **4.2.6.4. INTERPRETACIÓN DEL SUELO DE LA SUBRASANTE**

CALICATA # 1.- Ubicada en la abscisa 59+940.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 84,38%, la humedad natural es del 19,76%, el límite líquido es del 30,30%, el límite plástico es 22,50% y el índice plástico es del 7,80%; por lo cual de acuerdo a la clasificación ASHTO tenemos un tipo de suelo A-6(8) y según la SUCS es un tipo CL.

La segunda a un 1,00 m la capa tiene un pasante del tamiz #200 69,34%, una humedad natural 25,98%, un límite líquido 26,90%, un límite plástico de 23,16%, un índice plástico de 3,7%; por lo cual la clasificación ASSTHO tenemos que es un tipo de suelo A-6(7) y según la clasificación SUCS es un tipo OL.

La tercera a un 1,50 m la capa tiene un pasante del tamiz #200 50,56%, una humedad natural 16,51%, un límite líquido 24,69%, un límite plástico de 20,48%, un índice plástico de 4,1%; por lo cual la clasificación ASSTHO tenemos que es un tipo de suelo A-7-6(3) y según la clasificación SUCS es un tipo CL-ML.

El ensayo de compactación Próctor AASHTO T-180 la densidad seca máxima es de 1.751 Kg/m<sup>3</sup> y la humedad óptima es de 16,00%; y en el C.B.R. de diseño de 20%.

CALICATA # 2.- Ubicada en la abscisa 60+440.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 95,71%, la humedad natural es del 27,78%, el límite líquido es del 74,80%, el límite plástico es 33,36% y el índice plástico es del 41,44%; por lo cual de acuerdo a la

clasificación ASHTO tenemos un tipo de suelo A-7-5(20) y según la SUCS es un tipo CH.

La segunda a un 1,00 m la capa tiene un pasante del tamiz #200 98,43%, una humedad natural 27,1%, un límite líquido 64,60%, un límite plástico de 37,47%, un índice plástico de 27,1%; por lo cual la clasificación ASSTHO es suelo tipo A-7-6(8) y según la clasificación SUCS de tipo OH.

La tercera capa a 1.50 m. tiene un pasante del tamiz #200 de 99,02%, una humedad natural de 25,46%, el límite líquido es 65,00%, el límite plástico 37,35%, el índice plástico es de 27,6%. Por estos parámetros la clasificación ASSTHO nos clasifica el suelo en tipo A-7-5(19), y según la clasificación SUCS es OH.

En la realización del ensayo de compactación Próctor AASHTO T-180 la densidad seca máxima es de 1.574 Kg/m<sup>3</sup> y la humedad óptima es de 18,80%; y en el C.B.R. de diseño de 1,50%.

CALICATA # 3.- Ubicada en la abscisa 61+960.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 98,70%, la humedad natural es del 39,71%, el límite líquido es del 62,70%, el límite plástico es 28,87% y el índice plástico es del 33,87%; por lo cual de acuerdo a la clasificación ASHTO tenemos un tipo de suelo A-7-5(20) y según la SUCS es un tipo CH.

La segunda a un 1,00 m la capa tiene un pasante del tamiz #200 85,28%, una humedad natural 40,87%, un límite líquido 33,60%, un límite plástico de 25,12%, un índice plástico de 8,5%; por lo cual la clasificación ASSTHO es suelo tipo A-6(8) y según la clasificación SUCS de tipo OL.

La tercera capa a 1.50 m. tiene un pasante del tamiz #200 de 91,26%, una humedad natural de 47,68%, el límite líquido es 35,60%, el límite plástico 25,41%, el índice plástico es de 10,2%. Por estos parámetros la clasificación ASSTHO nos clasifica el suelo en tipo A-6(8), y según la clasificación SUCS es OL.

En la realización del ensayo de compactación Próctor AASHTO T-180 la densidad seca máxima es de 1.700 Kg/m<sup>3</sup> y la humedad óptima es de 15,60%; y en el C.B.R. de diseño de 5.40%.

CALICATA # 4.- Ubicada en la abscisa 61+440.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 96,48%, la humedad natural es del 40,99%, el límite líquido es del 40,00%, el límite plástico es 28,09% y el índice plástico es del 11,91%; por lo cual de acuerdo a la clasificación ASHTO tenemos un tipo de suelo A-6(9) y según la SUCS es un tipo OL.

La segunda a un 1,00 m la capa tiene un pasante del tamiz #200 97,09%, una humedad natural 44,53%, un límite líquido 37,30%, un límite plástico de 26,98%, un índice plástico de 10,3%; por lo cual la clasificación ASSTHO es suelo tipo A-6(8) y según la clasificación SUCS de tipo OL.

La tercera capa a 1.50 m. tiene un pasante del tamiz #200 de 91,08%, una humedad natural de 50,37%, el límite líquido es 36,00%, el límite plástico 27,86%, el índice plástico es de 8,1%. Por estos parámetros la clasificación ASSTHO nos clasifica el suelo en tipo A-6(15), y según la clasificación SUCS es OL.

En la realización del ensayo de compactación Próctor AASHTO T-180 la densidad seca máxima es de 1.649 Kg/m<sup>3</sup> y la humedad óptima es de 17,60%; y en el C.B.R. de diseño de 5.70%.

CALICATA # 5.- Ubicada en la abscisa 62+960.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 97,41%, la humedad natural es del 47,13%, el límite líquido es del 73,30%, el límite plástico es 35,43% y el índice plástico es del 37,43%; por lo cual de acuerdo a la clasificación ASHTO tenemos un tipo de suelo A-7-6(20) y según la SUCS es un tipo OH.

La segunda a un 1,00 m la capa tiene un pasante del tamiz #200 99,32%, una humedad natural 46,43%, un límite líquido 55,80%, un límite plástico de 32,64%, un

índice plástico de 23,2%; por lo cual la clasificación ASSTHO es suelo tipo A-7-6(8) y según la clasificación SUCS de tipo OH.

La tercera capa a 1.50 m. tiene un pasante del tamiz #200 de 83.36%, una humedad natural de 35.96%, el límite líquido es 42,70%, el límite plástico 23,19%, el índice plástico es de 19,5%. Por estos parámetros la clasificación ASSTHO nos clasifica el suelo en tipo A-7-5(12), y según la clasificación SUCS es CL.

En la realización del ensayo de compactación Próctor AASHTO T-180 la densidad seca máxima es de 1.562 Kg/m<sup>3</sup> y la humedad óptima es de 18,40%; y en el C.B.R. de diseño de 2.3%.

CALICATA # 6.- Ubicada en la abscisa 62+440.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 2.23%, porque se trata de arena fina entonces no se puede realizar los ensayos no más que la granulometría.

La segunda a un 1,00m – 1,50m, la capa tiene un pasante del tamiz #200 3.95%, porque se trata de arena fina entonces no se puede realizar los ensayos no más que la granulometría.

CALICATA # 7.- Ubicada en la abscisa 63+960.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 97,41%, la humedad natural es del 47,13%, el límite líquido es del 73,20%, el límite plástico es 36,45% y el índice plástico es del 36,75%; por lo cual de acuerdo a la clasificación ASHTO tenemos un tipo de suelo A-7-6(20) y según la SUCS es un tipo OH.

La segunda a un 1,00 m la capa tiene un pasante del tamiz #200 99,32%, una humedad natural 46,43%, un límite líquido 55,90%, un límite plástico de 32,64%, un índice plástico de 23,2%; por lo cual la clasificación ASSTHO es suelo tipo A-7-6(17) y según la clasificación SUCS de tipo OH.

La tercera capa a 1.50 m. tiene un pasante del tamiz #200 de 83.36%, una humedad natural de 35.97%, el límite líquido es 42,80%, el límite plástico 23,21%, el índice

plástico es de 19,6%. Por estos parámetros la clasificación ASSTHO nos clasifica el suelo en tipo A-7-5(12), y según la clasificación SUCS es CL.

En la realización del ensayo de compactación Próctor AASHTO T-180 la densidad seca máxima es de 1.685 Kg/m<sup>3</sup> y la humedad óptima es de 15,80%; y en el C.B.R. de diseño de 1.7%.

CALICATA # 8.- Ubicada en la abscisa 63+440.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 99,75%, la humedad natural es del 50,02%, el límite líquido es del 74,40%, el límite plástico es 38,21% y el índice plástico es del 36,21%; por lo cual de acuerdo a la clasificación ASHTO tenemos un tipo de suelo A-7-6(20) y según la SUCS es un tipo OH.

La segunda a un 1,00 m la capa tiene un pasante del tamiz #200 99,24%, una humedad natural 42,41%, un límite líquido 77,30%, un límite plástico de 35,37%, un índice plástico de 41,90%; por lo cual la clasificación ASSTHO es suelo tipo A-7-5(20) y según la clasificación SUCS de tipo CH.

La tercera capa a 1.50 m. tiene un pasante del tamiz #200 de 99,20%, una humedad natural de 39,50%, el límite líquido es 75,50%, el límite plástico 50,83%, el índice plástico es de 24,70%. Por estos parámetros la clasificación ASSTHO nos clasifica el suelo en tipo A-7-6(20), y según la clasificación SUCS es OH.

En la realización del ensayo de compactación Próctor AASHTO T-180 la densidad seca máxima es de 1.564 Kg/m<sup>3</sup> y la humedad óptima es de 19,10%; y en el C.B.R. de diseño de 0.80%.

CALICATA # 9.- Ubicada en la abscisa 64+960.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 72,82%, la humedad natural es del 35,24%, el límite líquido es del 40,40%, el límite plástico es 22,20% y el índice plástico es del 18,20%; por lo cual de acuerdo a la clasificación ASHTO tenemos un tipo de suelo A-6(8) y según la SUCS es un tipo CL.

La segunda a un 1,00 m la capa tiene un pasante del tamiz #200 89,12%, una humedad natural 37,76%, un límite líquido 51,70%, un límite plástico de 32,51%, un índice plástico de 19,2%; por lo cual la clasificación ASSTHO es suelo tipo A-7-5(14) y según la clasificación SUCS de tipo OH.

La tercera capa a 1.50 m. tiene un pasante del tamiz #200 de 95,98%, una humedad natural de 44,53%, el límite líquido es 55,40%, el límite plástico 39,24%, el índice plástico es de 16,2%. Por estos parámetros la clasificación ASSTHO nos clasifica el suelo en tipo A-7-5(14), y según la clasificación SUCS es OH.

En la realización del ensayo de compactación Próctor AASHTO T-180 la densidad seca máxima es de 1.542 Kg/m<sup>3</sup> y la humedad óptima es de 19,50%; y en el C.B.R. de diseño de 2.10%.

CALICATA # 10.- Ubicada en la abscisa 64+440.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 33.12%, y el suelo es NP.

La segunda a un 1,00 m la capa tiene un pasante del tamiz #200 97,79%, una humedad natural 49,27%, un límite líquido 40,00%, un límite plástico de 38,81%, un índice plástico de 1,2%; por lo cual la clasificación ASSTHO es suelo tipo A-6(8) y según la clasificación SUCS de tipo OL.

La tercera capa a 1.50 m. tiene un pasante del tamiz #200 de 96,91%, una humedad natural de 50,63%, el límite líquido es 53,40%, el límite plástico 33,07%, el índice plástico es de 20,30%. Por estos parámetros la clasificación ASSTHO nos clasifica el suelo en tipo A-7-6(14), y según la clasificación SUCS es OH.

En la realización del ensayo de compactación Próctor AASHTO T-180 la densidad seca máxima es de 1.587 Kg/m<sup>3</sup> y la humedad óptima es de 18,80%; y en el C.B.R. de diseño de 1.48%.

CALICATA # 11.- Ubicada en la abscisa 62+440.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 3.37%, porque se trata de arena fina entonces no se puede realizar los ensayos no más que la granulometría.

La segunda a un 1,00m, la capa tiene un pasante del tamiz #200 3.97%, porque se trata de arena fina entonces no se puede realizar los ensayos no más que la granulometría.

La tercera a un 1,50m, la capa tiene un pasante del tamiz #200 1.57%, porque se trata de arena fina entonces no se puede realizar los ensayos no más que la granulometría.

CALICATA # 12.- Ubicada en la abscisa 64+440.

En la primera capa a 0,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 83,24%, y el suelo es NP.

En la segunda capa a 1,00m y 1,50 metros encontramos que el pasante por el tamiz #200 es de 83,72%, y el suelo es NP.

En la realización del ensayo de compactación Próctor AASHTO T-180 la densidad seca máxima es de 1.653 Kg/m<sup>3</sup> y la humedad óptima es de 16,00%; y en el C.B.R. de diseño de 9.50%.

Los suelos predominantes a lo largo del proyecto, de acuerdo a su valor cuantitativo son arcillas plásticas A-7-5 y A-7-6 y limos arenosos A-4 y A-6. El valor de C.B.R. oscila entre los 1.40 a 20,00%. La humedad natural promedio es de 50,63 % mayor a la máxima densidad obtenida del ensayo de compactación Próctor Modificado, lo que permite deducir que habrá que realizar un mejoramiento y estabilización de la subrasante en la construcción.

## RESUMEN DE ENSAYOS

**Cuadro 4.0**

CALICATA	ABSCISA	LADO	CAPA	GRANULOMETRÍA % PASANTE				HUMEDAD NATURAL %	LIMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN		PRÓCTOR ASTM D 157		C.B.R %
				Nº 4	Nº10	Nº40	Nº200		L.L	L.P	I.P	SUCS	ASSHTO	Dmax	Hopt	
1	59+960	EJE	0,50	100,00	99,97	99,76	84,38	19,76	30,30	22,50	7,80	CL	A-6(8)	1.751	16,00	20,00
			1,00	100,00	99,96	99,81	69,34	25,98	26,90	23,16	3,7	OL	A-6(7)			
			1,50	100,00	99,97	99,56	50,56	16,51	24,60	20,48	4,1	CL-ML	A-7-6(3)			
2	60+440	EJE	0,50	100,00	99,59	98,16	95,71	27,27	74,80	33,36	41,44	CH	A-7-5(20)	1.574	18,80	1,50
			1,00	100,00	99,94	99,52	98,43	26,77	64,60	37,47	27,1	OH	A-7-6(8)			
			1,50	100,00	99,96	99,79	99,02	25,46	65,00	37,35	27,6	OH	A-7-5(19)			
3	61+960	EJE	0,50	100,00	100,00	99,51	98,70	39,71	62,70	28,87	333,83	CH	A-7-5(20)	1.700	15,60	5.40
			1,00	100,00	100,00	99,57	85,28	40,87	33,60	25,12	8,5	OL	A-6(8)			
			1,50	100,00	99,98	99,75	91,26	47,68	35,60	25,41	10,2	OL	A-6(8)			
4	61+440	EJE	0,50	100,00	99,97	99,93	96,48	40,99	40,00	28,09	11,91	OL	A-6(9)	1.649	17,60	5.70
			1,00	100,00	99,97	99,78	97,09	44,53	37,30	26,98	10,3	OL	A-6(8)			
			1,50	100,00	99,98	99,76	91,08	50,37	36,00	27,86	8,10	OL	A-6(15)			

CALICATA	ABSCISA	LADO	CAPA	GRANULOMETRÍA % PASANTE				HUMEDAD NATURAL %	LÍMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN		PRÓCTOR ASTMD 157		C.B.R %
				Nº 4	Nº10	Nº40	Nº200		L.L	L.P	I.P	SUCS	ASSHTO	Dmax	Hopt	
5	62+960	EJE	0,50	100,00	100,00	99,84	97,41	47,13	73,30	35,87	37,43	OH	A-7-6(20)	1.562	18,40	2,30
			1,00	100,00	100,00	99,95	99,32	46,43	55,80	32,64	23,2	OH	A-7-6(8)			
			1,50	100,00	99,56	98,12	83,36	35,96	42,70	23,19	19,5	CL	A-7-5(12)			
6	62+440	EJE	0,50	100,00	99,23	45,66	2,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			1,00-1,50	100,00	99,66	73,38	3,95	-	-	-	-	-	-			
7	63+960	EJE	0,50	100,00	100,00	99,84	97,41	47,13	73,20	36,45	36,75	OH	A-7-6(20)	1.685	15,80	1,70
			1,00	100,00	100,00	99,95	99,32	46,43	55,90	32,64	23,3	OH	A-7-6(18)			
			1,50	100,00	99,56	98,12	83,36	35,97	42,80	23,21	19,60	CL	A-7-5(12)			
8	63+440	EJE	0,50	100,00	99,96	99,90	99,75	50,02	74,40	38,19	36,21	OH	A-7-6(20)	1.564	19,10	0,80
			1,00	100,00	99,94	99,73	99,24	42,41	77,30	35,37	41,9	CH	A-7-5(20)			
			1,50	100,00	99,98	99,71	99,20	39,50	75,50	50,83	24,7	OH	A-7-6(20)			

CALICATA	ABSCISA	LADO	CAPA	GRANULOMETRÍA % PASANTE				HUMEDAD NATURAL %	LIMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACIÓN		PRÓCTOR ASTMD 157		C.B.R %
				Nº 4	Nº10	Nº40	Nº200		L.L	L.P	I.P	SUCS	ASSHTO	Dmax	Hopt	
9	64+960	EJE	0,50	100,00	99,23	95,26	72,82	35,24	40,40	22,20	18,20	CL	A-6(8)	1.542	19,50	2.10
			1,00	100,00	99,98	99,32	89,12	37,76	51,70	32,51	19,2	OH	A-7-5(14)			
			1,50	100,00	99,94	99,19	95,98	44,53	55,40	39,24	16,2	OH	A-7-5(14)			
10	64+440	EJE	0,50	100,00	100,00	99,91	33,12	-	-	-	-	-	-	1.587	18,80	1,48
			1,00	100,00	100,00	99,79	97,79	49,27	40,00	38,81	1,20	OL	A-6(8)			
			1,50	100,00	99,97	99,81	96,91	50,63	53,40	33,07	20,3	OH	A-7-6(14)			
11	65+960	EJE	0,50	100,00	99,81	77,65	3,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			1,00	100,00	98,89	69,31	3,97	-	-	-	-	-	-			
			1,50	100,00	98,77	63,61	1,57	-	-	-	-	-	-			
12	65+440	EJE	0,50	100,00	99,97	99,93	96,48	-	NP			-	-	1.653	16,00	9,50
			1,00-1,50	100,00	99,98	99,85	83,72	-	NP			-	-			

### **4.3 HIPÓTESIS**

El diseño geométrico del intercambiador de Tillales, permitirá la descongestión vehicular por el sector de Tillales y la conectividad de la ciudad de Machala y el Guabo.

### **4.4 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

Revisando la información, los pronósticos y cálculos realizados en el estudio de tráfico de la presente investigación, como es el caso del Tráfico Desviado, podemos concluir que definitivamente se descongestionaría el centro de la ciudad, ya que este tráfico señalado tomaría la nueva ruta del Paso lateral de Tillales.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

##### **5.1 CONCLUSIONES**

La estimación del Tráfico Promedio Anual en el tramo El Cambio – El Guabo se concluye lo siguiente:

- Livianos, con un número de 9092 vehículos/día
- Buses, con 1141 vehículos
- Livianos, con 1656 vehículos
- Pesados, con 632 vehículos

De los del Trafico Promedio Anual podemos darnos cuenta de la gran cantidad de vehículos tanto livianos, buses y pesados que transitan diariamente por el Sector de Tillales.

Por lo anterior expuesto podemos darnos cuenta de la gran importancia que constituye la planificación de un distribuidor de tráfico.

El Diseño de un distribuidor de transito es muy importante el mismo que cumplirá con la función una buena distribución vehicular evitando la congestión en el sector de Tillales, accidentes, eliminando el impacto ambiental, mejorando la operación de los flujos vehiculares.

La vida útil de la capa de rodadura existente no solo depende la parte técnica en lo referente a producción y ejecución de trabajos, sino también del mantenimiento que se dé a la vía en si, por parte del gobierno seccional.

Una vía pavimentada no solo permite el desarrollo de los beneficiarios de esta obra sino también que eleva su auto estima.

El drenaje en una vía asfaltada se incrementa, que cuando se trata de una vía empedrada o lastrada, por lo que se hace necesario de diseñar y construir obras de arte que permitan un buen funcionamiento del drenaje.

La estructura de un pavimento (para el caso de las vías interparroquiales será el empedrado) sobre la cual se coloca la mezcla asfáltica debe de ser diseñada técnicamente considerando los parámetros que se obtienen del levantamiento de la información inicial.

Los suelos predominantes a lo largo del proyecto, de acuerdo a su valor cuantitativo son arcillas plásticas A-7-5 y A-7-6 y limos arenosos A-4 y A-6. El valor de C.B.R. oscila entre los 1.40 a 20,00%. La humedad natural promedio es de 50,63 % mayor a la máxima densidad obtenida del ensayo de compactación Próctor Modificado, lo que permite deducir que habrá que realizar un mejoramiento y estabilización de la subrasante en la construcción.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Para el caso de este estudio se ha planificado la construcción intercambiador en el sector de Tillales, con un tipo diamante con pesas, la misma que es parte de la autopista Huaquillas – Rio siete la misma que se encuentra en construcción actualmente.

Para la construcción de los terraplenes se recomienda excavar 0.50 metros del nivel del terreno natural y colocar un terraplén del espesor excavado, luego construir una plataforma de transferencia de espesor de 1 metro con material de sub-base clase 2, con mallas Uniaxial

Se recomienda para la construcción de los terraplenes y rampas de acceso al puente, una mediante la utilización de taludes 1,5H: 1 V, que proporciona factores de seguridad que varían desde 1,05 a 1,17.

Se plantea una alternativa que considera la construcción de muros de tierra armada para confinar los materiales que conforman los terraplenes y rampas de acceso, en

esta alternativa los muros de confinamiento son reforzados con geo mallas uni axiales UX 1400 como refuerzo principal y mallas BX 1200 como refuerzo secundario. Esta alternativa implica la utilización de menor cantidad de materiales y permite parar los taludes de los terraplenes a inclinaciones 1H: 10 V, sin embargo su construcción es mucho más compleja.

De las alternativas mencionadas se recomienda la construcción de los terraplenes con taludes de inclinación 1,5 H: 1,0 V.

La colocación de los materiales que conforman los terraplenes y rampas en sus partes más elevadas generan presiones al terreno de cimentación que no causan fallas por capacidad de carga, ni generan asentamientos perjudiciales al comportamiento del terraplén.

Se sugiere realizar el asfaltado en 2 etapas, una primera capa de 15 cm con una mezcla que se podría llamar gruesa por su dosificación con las piedras 1", 3/8" y la arena y la final como capa de rodadura de un espesor de 10 cm con una granulometría de 1/2" de acuerdo a las especificaciones del MTOP.

### **5.2.1 Mezcla gruesa**

DOSIFICACIÓN	DOSIFICACIÓN:
AGREGADO:	
Piedra 1"	35 %
Piedra 3/8"	45 %
ARENA GRUESA	10 %
ARENA LIMOSA	10 %
<i>TOTAL:</i>	<i>100 %</i>

Esta dosificación permite obtener una granulometría combinada satisfactoria luego de la producción de la mezcla en planta.

Si en la granulometría combinada se obtiene, el contenido de finos, especialmente los pasantes por el tamiz # 50 y tamiz # 200, elevados y bordean los valores máximos especificados. En general, durante el proceso de producción en planta estos finos tienden a disminuir debido a la acción de los sistemas extractor de gases y recolector de polvo.

En caso de que el contenido de asfalto de 5.4% calculado en el ensayo de extracción parece ser un contenido adecuado de diseño por su proximidad al porcentaje de huecos de 4%, aunque es justo reconocer que en algunos casos las briquetas son confeccionadas luego de varios días de fabricada la mezcla, algo posible de hacer según algunos autores.

Se hace necesario conocer el diseño Marshall definitivo y realizar un tramo de prueba con la maquinaria que se va a emplear en obra. Un ajuste al contenido de asfalto siempre será posible de realizar para centrar el porcentaje de huecos a partir de briquetas compactadas y es algo sencillo a nivel de planta.

### **5.2.2 Mezcla asfáltica capa de rodadura**

Se ha desarrollado un diseño de mezcla asfáltica para la capa de rodadura de todo el proyecto, el cual está en fase de pruebas. Esta mezcla, que cumple con la granulometría de ½” de las normas del MTOP, está constituida por:

Piedra ¾”: 65%  
Piedra 3/8”: 20%  
Arena de río: 15%  
Asfalto: 5.3%

Se considera necesario para complementar el diseño, la realización de un estudio de daño en agua basado en la norma ASTM D 4867 M, sugerida en las especificaciones del MTOP 2002. La misma se basa en la determinación de la resistencia a la tracción indirecta (con cabezal Lottman) sobre briquetas sin y con inmersión, estas últimas previamente semisaturadas con el empleo de bomba de vacío.

## **CAPITULO VI**

### **LA PROPUESTA**

#### **6.1. DATOS INFORMATIVOS**

El trazado de la propuesta del intercambiador diamante con pesas, incluyen una investigación bibliográfica de las normas de Diseño Geométrico del Ecuador y en la República de Colombia.

Adicionalmente se investigó las Estadísticas del Transporte en el Ecuador para el año 2007, en una publicación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, en lo referente a la vialidad de la provincia de El Oro.

##### **6.1.1. Título**

Diseño y proyección, del trazado geométrico del intercambiador en el sector de Tillales.

##### **6.1.2. Institución ejecutora**

Universidad Técnica de Ambato

##### **6.1.3. Beneficiarios**

**Directos:** Usuarios y pobladores cercanos al sector de Tillales y El Guabo.

**Indirectos:** Departamentos y unidades de conservación vial del MTOP, encargados del mantenimiento de la red vial.

##### **6.1.4. Ubicación**

Provincia: El Oro.

Ciudad: Machala

Parroquias: Tillales – El Guabo.

Tramo:Tramo El Cambio – El Guabo.

### 6.1.5. Tiempo estimado para la ejecución

Inicio: Septiembre 2015

Fin: Mayo 2016

Duración: Nueve meses

### 6.1.6. Equipo técnico responsable

- Tutor
- Digitador
- Observador
- Asesor técnico
- Asesor informático

### 6.1.7. Costo

#### 6.1.7.1. Institucionales

Para el desarrollo del presente trabajo todos los recursos utilizados son proporcionados por el Autor.

#### 6.1.7.2. Humanos

El personal de apoyo utilizado para el presente trabajo investigativo, responde al siguiente detalle:

**CUADRO No.6.0. Recursos humanos**

RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	TOTAL, USD \$
Tutor	1	250,00 \$ / obra	250,00
Digitador	500	0,20 \$ / hoja	100,00
Asesor técnico	30	40,00 \$ / hora	1200,00
<b>SUBTOTAL, USD \$</b>			1550,00
<b>+ 10% IMPREVISTOS, USD \$</b>			155,00
<b>TOTAL, USD \$</b>			1705,00

Fuente: Investigación de campo

Elaborador por: Víctor Campoverde S. (2016)

Son: Un mil setecientos cinco, con 00/100 dólares.

### 6.1.7.3. Materiales

Los equipos y materiales necesarios para la presente investigación son:

**CUADRO No. 6.1. Recursos materiales**

RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	TOTAL, USD \$
Suministros de oficina	----	-----	220,00
Fotocopias	----	0,03 \$ / copia	210,00
Transporte	----	0,18 \$ / viaje	500,00
Servicios básicos (luz, agua, teléfono, internet)	----	-----	400,00
Alimentación	----	-----	250,00
Ordenador (computador) personal	1	1000,00 \$ / CPU	1200,00
Memoria USB (pendrive)	1	20 \$ / artículo	20,00
Alquiler de equipos gps	2	80 \$ hora	160,00
<b>SUBTOTAL, USD \$</b>			2960,00
<b>+ 10% IMPREVISTOS, USD \$</b>			296,00
<b>TOTAL, USD \$</b>			3256,00

Fuente: Investigación de campo

Elaborador por: Víctor Campoverde S. (2016)

Son: Tres mil doscientos cincuenta y seis, con 00/100 dólares.

### 6.1.7.4. Económicos

- **Presupuesto.** Se calcula utilizando la fórmula del presupuesto de operación, donde se suman los totales de los recursos previamente estimados:

$$PO = \sum R_m + \sum R_h$$

$$PO = \$ 1705,00 + \$ 3256,00$$

$$PO = \text{USD } \$ 4961,00$$

Son: Cuatro mil novecientos sesenta y uno, con 00/100 dólares.

## **6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Previo una presentación oral de grado, la presente propuesta es un documento realizado bajo las exigencias dadas por la Universidad Técnica de Ambato para obtener la maestría.

Los intercambiadores son construidos como alternativa para descongestionar la circulación vehicular de una ciudad que tenga un excesivo número de vehículos pesados y livianos que transiten por ella.

## **6.3 JUSTIFICACIÓN**

Se está efectuando la investigación a través de esta tesis de grado para que las erudiciones técnicas sobre diseño de un intercambiador sean aplicados, mejorados, recomendados y sean de utilidad para consulta de un modelo de Diseño de un Intercambiador Diamante con pesas.

La planificación de un intercambiador por el sector de Tillales, tiene gran importancia en el área comercio y turística, por cuanto se incluyen vías que dan acceso a zonas importantes de gran desarrollo.

En el ámbito económico es importante realizar este proyecto porque posibilita el fomento agropecuario y desarrolla el intercambio y comercio de productos con el resto de provincias del país.

### **6.3.1 Justificación técnica**

Como justificación técnica, podemos citar que un paso lateral cumple con la función de desviar el tráfico que innecesariamente ingresa a la ciudad Machala, evitando accidentes, eliminando el impacto ambiental, mejorando la operación de los vehículos.

A través de las encuestas realizadas en puntos estratégicos al ingreso y a la salida del sector de Tillales, se puede ver la necesidad y el clamor social por liberar a la ciudad del tráfico que ingresa a la misma sin necesidad de que lo haga.

### **6.3.2 Justificación social**

Sabiendo de la problemática existente en el sector de Tillales se hizo un trabajo de campo visitando el sector, concluyendo en la necesidad de construir un Intercambiador de acuerdo a la necesidad del sector, de cuyas encuestas se concluyó la necesidad de los diseños de un intercambiador con diamante con pesas, con una planificación que garantice un diseño que cumpla con todas las expectativas, primero de los habitantes de Machala, y segundo la parte técnica que solvete las necesidades en base de un diseño óptimo tomando recomendaciones y criterios de los manuales de Diseño Geométrico tanto de Ecuador como de la República de Colombia.

## **6.4 OBJETIVOS**

### **6.4.1 Objetivo general**

Realizar el Diseño Geométrico para el intercambiador, que permita controlar la congestión vehicular en el sector de Tillales. Estos estudios permitirán elevar el estándar de la vía y asegurar su transitabilidad durante todo el año incluso en períodos de invierno, evitar el ingreso de vehículos al centro de la ciudad de Machala el cual genera congestión de tráfico, destrucción de calles y avenidas, contaminación ambiental e inseguridad peatonal.

### **6.4.2 Objetivos específicos**

Diagnosticar la problemática del tráfico actual en el sector de Tillales.

Localizar el intercambiador diamante con pesas, en base de un estudio en cartas y en base de recorridos de campo.

Definir la topografía del intercambiador diamante con pesas, obteniendo una faja topográfica.

Determinar el eje vial horizontal y vertical del proyecto del intercambiador diamante con pesas, el más adecuado de acuerdo a la topografía existente.

Evaluar los parámetros de diseño geométrico aplicados intercambiador diamante con pesas, que permitan una velocidad de diseño tipo autopista.

Revisar las Normas de diseño Geométrico del Ecuador, a través de los manuales del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Estimar el tráfico actual y el tráfico futuro que tendrá la nueva vía, en base a conteos de tráfico y a proyecciones futuras.

Estudiar la Señalización del intercambiador, considerando que es un diseño para una autopista de alta velocidad.

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

### **6.5.1 Antecedentes**

Las autoridades del Ministerio de Transporte Obras Públicas, consientes en la necesidad de implementar una vía alterna que permita descongestionar el centro de la ciudad de Machala desviando el tráfico vehicular por una vía que de fluidez.

Realizados los estudios correspondientes de topografía y diseños, etc., y viendo la necesidad de la ciudad por descongestionar el tráfico, y teniendo todas las características geométricas favorables se optará por el intercambiador.

Para el usuario tendrá un menor costo de operación, de transporte ya que tendrá un mejor rendimiento en menor tiempo. Los sectores aledaños del intercambiador podrán incorporar su producción agrícola u otros a la producción provincial y nacional.

### 6.5.2 Objetivo

El objetivo es analizar las principales características socio económicas, del área de influencia por la ruta del Paso Lateral, ubicado en la Provincia de los Ríos.

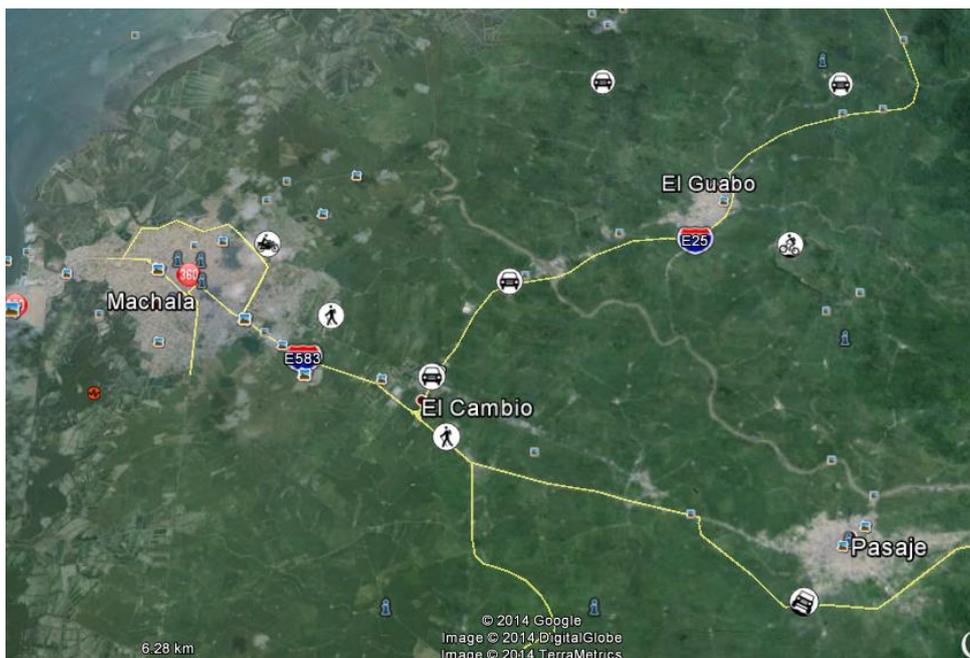
### 6.5.3 Ubicación

La zona del presente estudio se ubica en la provincia de El Oro, en el sitio de implantación del intercambiador sobre la Carretera Machala - Guayaquil, en el Sector de la “Y” de Tillales.

Desde el punto de vista geográfico el puente se encuentra ubicado dentro de la siguiente área, delimitada por las siguientes coordenadas:

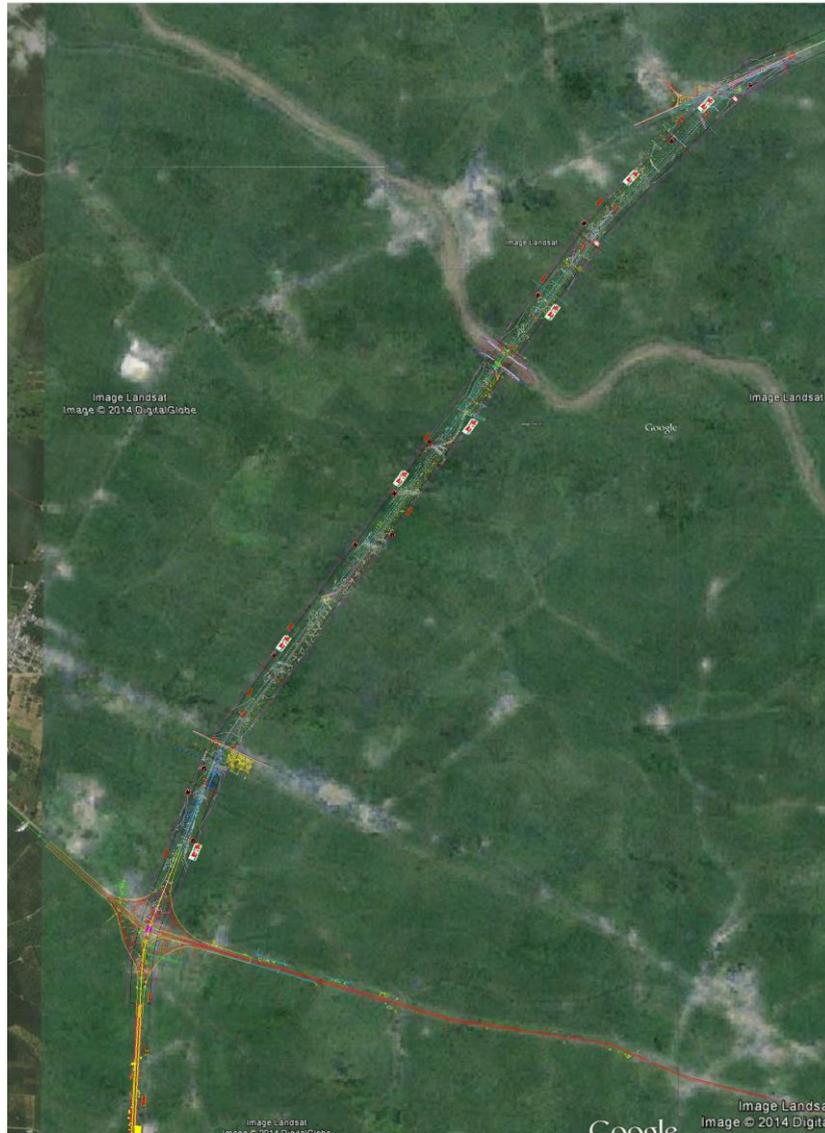
Latitud	Longitud
N 9°641.020	E 627.800
N 9°641.100	E 627.880

Ubicación referencial del proyecto



## Implantación de proyecto en imagen de Google Earth

### 6.6



## FUNDAMENTACIÓN

La planificación de un paso intercambiador tiene gran importancia en el área turística, por cuanto se incluyen vías que dan acceso a zonas importantes de gran desarrollo.

En el ámbito económico es importante realizar este proyecto porque posibilita el fomento agropecuario y desarrolla el intercambio y comercio de productos con el resto de provincias del país.

El Ministerio de Obras Públicas, en conocimiento de la Problemática vial del País y específicamente conocedor de los problemas que representan el cruce de las vías de la red principal del país, por las grandes ciudades, tiene un plan a nivel nacional para el estudio de pasos laterales por ciudades de gran extensión, con el objeto de resolver problemas como la congestión de tráfico, destrucción de calles y avenidas, contaminación ambiental e inseguridad peatonal.

El contar con carreteras, intercambiadores y pasos laterales, diseñados con altos estándares de calidad técnica, permitirá aumentar la durabilidad de estas vías, para que se encuentren en condiciones adecuadas de transitabilidad durante todo el año.

Con la planificación adecuada del tráfico por las ciudades principales, se logrará a futuro la concientización de los gobiernos seccionales a nivel cantonal para realizar este tipo de estudios en las vías principales que actualmente cruzan poblaciones pequeñas pero con altos índices de crecimiento.

Con los diseños geométricos del Intercambiador en el sector de Tillales, se logrará elevar el nivel de servicio vehicular, aumentar la seguridad de operación, una reducción de accidentes, y reducir la incidencia de los costos de transporte en los precios de mercado y los costos de producción.

## **6.7 METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO**

### **6.7.1 Estudio de tráfico**

El diseño de un intercambiador, debe basarse entre otras informaciones en los datos sobre tráfico, con el objeto de compararlo con la capacidad, o sea con el volumen máximo de vehículos que una carretera puede absorber. El tráfico, en consecuencia, afecta directamente a las características del diseño geométrico.

La información sobre tráfico debe comprender la determinación del tráfico actual (volúmenes y tipos de vehículos), en base a conteos manuales y automáticos para luego pronosticar el tráfico utilizando formulas donde interviene el índice de crecimiento vehicular.

En los proyectos viales, cuando se trata de mejoramiento de carreteras existentes (rectificación de trazado, ensanchamiento, pavimentos, etc.) o de construcción de carreteras alternas entre puntos ya conectados por vías de comunicación, es relativamente fácil cuantificar el tráfico actual y pronosticar la demanda futura. En cambio, cuando se trata de zonas menos desarrolladas o actualmente inexploradas, la estimación del tráfico se hace difícil e incierta. Este caso se presenta con frecuencia en nuestro país, que cuenta con extensas regiones de su territorio total o parcialmente inexplorado.

Conviene recordar que los proyectos de carreteras en zonas inexploradas o muy poco desarrolladas no constituyen en general proyectos aislados, sino que están vinculados con otros proyectos principalmente de infraestructura, tendientes al aprovechamiento de recursos inexplorados en la zona , tales como proyectos de colonización, agropecuarios, regadío energía hidroeléctrica o termoeléctrica, comercialización, etc. Es evidente, en consecuencia, que la demanda futura de tráfico será resultante de la acción combinada de todos estos proyectos y como tal deberá analizarse.

#### **6.7.1.1 Cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA) existente**

El procesamiento de la información recopilada en el trabajo de campo, corresponde a los siguientes aspectos:

Aforos volumétricos automáticos

Conteos manuales de clasificación vehicular

Encuestas de Origen y Destino

De los Aforos Volumétricos Automáticos

De los aforos de los volúmenes del tráfico vehicular en forma automática, se obtienen las cantidades de ejes que pasan por el lugar y se contabilizan para cada 60 minutos, durante las 24 horas del día y en la semana comprendida entre el 29 de enero al 5 de febrero del 2012, esta información servirá para determinar el TPDA existente en el tramo El Cambio - El Guabo.

Además estos aforos servirán para calcular los factores horarios de variación volumétrica de vehículos que servirán para expandir los volúmenes contabilizados de 8 y 9 horas - día (conteos de corta duración) y determinar los TPDA en las direcciones de circulación vehicular en la "Y" Corralitos.

Procesamiento de la estación ubicada en tramo: El Cambio – El Guabo

Los volúmenes registrados en el contador automático, se procesaron de la manera siguiente:

Se contabiliza los volúmenes de ejes horarios y diarios, los siete días de la semana que se encuentran almacenados en el contador automático.

Se calcula el Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS), en pares de ejes

Para obtener el TPDS en número de vehículos, aplicamos el factor de ejes (Fe), que se obtiene de la relación entre el número de pares de ejes y el número de ejes contabilizados en los conteos de vehículos en forma manual.

Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para el año 2012, se aplica en factor de ajuste mensual de enero Fm. de 1.0009 obtenido del consumo anual de combustibles en la provincia de El Oro; éste TPDA servirá para expandir la matriz de Origen y Destino y detectar el Tráfico Desviado al proyecto.

El Factor para la expansión de los volúmenes de tráfico (conteos de corta duración) determinados son para: el día martes  $F_{ex}=1,141$  y para el día miércoles  $F_{ex}= 1,175$ .

En el Cuadro No. 6.2 se presenta los Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para la estación ubicada en el tramo El Cambio – El Guabo, sector la Iberia.

Tráfico promedio diario anual - TPDA existente – (vehículos/2012)

CUADRO No. 6.2

ESTACIÓN	TRAMO	TPDA
No. 1	El Cambio – El Guabo en la E25	14171

Fuente: Conteos volumétricos

De los Aforos Volumétricos Manuales de Clasificación

De los aforos volumétricos manuales, se obtiene la clasificación en los diferentes tipos de vehículos desglosados en: livianos, buses y camiones de 2, 3, 5 y 6 ejes, resultados que se aplican al TPDA indicado en el Cuadro No. 2.

El TPDA para el tramo El Cambio – El Guabo, con su respectiva clasificación constan en el Cuadro No.6.

TPDA existente clasificado (Vehículos-2012) CUADRO No. 6.3

TRAMO	LIVIANO	BUS	CAMIÓN 2 EJES		CAMIÓN PESADO			TPDA
		2 EJES	LIVIANO	MEDIO	3 ejes	5EJES	6 EJES	
Pasaje - "Y" Corralitos	7190	639	833	754	348	91	70	9925
Santa Rosa - "Y" Corralitos	5744	687	1075	1135	334	73	160	9209
Machala - "Y" Corralitos	10560	1089	1572	1561	559	134	191	15666
El Cambio - El Guabo	9092	1141	1656	1650	367	42	223	14171

Procesamiento de la estación ubicada en la “Y” Corralitos

Se contabiliza el número de vehículos detectados en 9 horas-días, durante los días martes y miércoles.

Estos conteos (de corta duración) se expanden para tener conteo las 24 horas - día con los factores: para el día martes  $F_{ex}=1,141$  y para el día miércoles  $F_{ex}= 1,175$ .

Se calcula el Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)

Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para el año 2012, se aplica en factor de ajuste mensual de enero  $F_m$ . de 1.0009 obtenido del consumo anual de combustibles en la provincia de El Oro.-En el Cuadro No. 6.3 se presenta los Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) para los tamos que ingresa a la “Y” Corralitos y para cada una de las direcciones de circulación en la “Y” Corralitos. .

CLASIFICACIÓN VEHICULAR CUADRO No.6.4									
DIRECCIÓN: DOS									
VEHÍCULO	LIVIANO	BUS		CAMIÓN 2 EJES		CAMIÓN PESADO			TPDA
		2 EJES	3 EJES	LIVIANO	MEDIO	3 ejes	5EJES	6 EJES	
	9092	1141	0	1656	1650	367	42	223	14171
%	64,16	8,05	0,00	11,68	11,65	2,59	0,29	1,57	100,00

**CUADRO 6.5 TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE TRAFICO VEHICULAR**

PROVINCIA	PERIODO	TASAS DE CRECIMIENTO		
		LIVIANO	BUS	CAMION
PICHINCHA	2005 - 2010	4,05	2,53	3,68
	2010 - 2015	3,49	2,25	3,27
	2015 - 2020	3,04	2,02	2,94
	2020 - 2030	2,67	1,84	2,67
GUAYAS	2005 - 2010	4,21	2,24	2,52
	2010 - 2015	3,75	1,99	2,24
	2015 - 2020	3,37	1,80	2,02
	2020 - 2030	3,06	1,63	1,84
AZUAY	2005 - 2010	4,53	1,69	3,37
	2010 - 2015	3,91	1,50	3,08
	2015 - 2020	3,42	1,35	2,78
	2020 - 2030	3,02	1,23	2,52
MANABÍ	2005 - 2010	3,79	2,78	2,77
	2010 - 2015	3,15	2,48	2,46
	2015 - 2020	2,64	2,23	2,22
	2020 - 2030	2,41	2,03	2,01
EL ORO	2005 - 2010	4,23	2,87	2,10
	2010 - 2015	3,65	2,55	1,87
	2015 - 2020	3,18	2,29	1,68
	2020 - 2030	2,80	2,08	1,53
TUNGURAHUA	2005 - 2010	4,49	2,12	3,41
	2010 - 2015	3,99	1,89	3,03
	2015 - 2020	3,60	1,70	2,72
	2020 - 2030	3,27	1,54	2,48
LOS RÍOS	2005 - 2010	4,53	1,65	1,90
	2010 - 2015	4,74	1,47	1,69
	2015 - 2020	4,26	1,32	1,52
	2020 - 2030	3,88	1,20	1,39
CHIMBORAZO	2005 - 2010	3,87	1,32	3,27
	2010 - 2015	3,44	1,17	2,90
	2015 - 2020	3,10	1,05	2,61
	2020 - 2030	2,82	0,96	2,38
IMBABURA	2005 - 2010	3,96	2,07	2,50
	2010 - 2015	3,52	1,84	2,23
	2015 - 2020	3,17	1,65	2,00
	2020 - 2030	2,88	1,50	1,82

### 6.7.2. Diseño del pavimento flexible

En este Capítulo se presenta los criterios, normas y parámetros utilizados en el diseño

estructural del pavimento, siguiendo el método AASHTO-1993, el más moderno y completo para diseño de pavimentos, ya que toma en cuenta casi todos los factores que inciden en su estabilidad y en su durabilidad, tales como: el comportamiento del

pavimento, el tráfico, las características de la subrasante, las características físico - mecánicas de los materiales de construcción, el medio ambiente, el drenaje y el grado de confiabilidad para que el diseño del pavimento cumpla con las expectativas previstas.

#### **6.7.2.1 Metodología**

Para determinar el espesor del pavimento flexible de la vía se utilizará el método de la AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) 1993.

Conforme el método, hay que transformar mediante el uso de los coeficientes de carga, a ejes de carga equivalente de 18.000 lbs, los ejes del tráfico resultantes del Estudio del Tráfico y proyectarlos al período de diseño de acuerdo a la tasa de crecimiento anual establecida y luego calcular los ESAL's en el carril de diseño.

Adicionalmente se establece la capacidad de soporte de la sub-rasante (CBR de diseño), el tipo de capa de rodadura, base y sub-base a utilizar, así como las condiciones de drenaje del terreno, y con ello se establecen el NUMERO ESTRUCTURAL, y se deduce el espesor de los estratos.

#### **6.7.2.2 Procedimiento de diseño del pavimento flexible.- metodo aashto 1993**

El método de diseño de AASHTO para pavimentos toma en consideración los siguientes temas:

Confiabilidad (R%)

Desviación estándar total (So)

Tráfico (EAL)

Módulo Resiliente (Mr)

Serviciabilidad

Índices estructurales del pavimento.

Se procedió a calcular el número estructural que requiere la vía actualmente para luego compararlo con el existente, de esta manera podemos encontrar el número estructural requerido. En el caso de las variantes, el número estructura encontrado resulta la nueva estructura de pavimento necesaria para soportar el tráfico estimado en cada una de ellas.

Los sucesivos valores del número estructural, SN, se determinan en cada caso mediante la aplicación de la ecuación de diseño, que se presenta seguidamente.

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_o + 9.36x \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Dónde:

W18= Número previsto de ejes equivalentes de 18 Kip (18.000 libras) acumulados durante el período de diseño por el carril estudiado.

ZR= Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

So= Desviación estándar general.

ΔPSI= Diferencia ente el índice inicial de servicio (pi) y el índice final de servicio (pf) del pavimento.

MR= Módulo de resiliencia (en unidades de psi=libras / pulgadas cuadradas)

SN= Número estructural indicativo del total de pavimento requerido.

### 6.7.2.3 Tráfico

El número acumulado de repeticiones de carga de eje equivalente (8,2 toneladas), que circulará por la vía de diseño durante la vida útil prevista para la obra, se lo determina en base a los estudios de tráfico y cargas por eje efectuados a los fines particulares del presente estudio.

Para estos cálculos se ha considerado exclusivamente la acción de los ómnibus y camiones, dado que el efecto destructivo de los vehículos ligeros se puede considerar prácticamente despreciable.

De acuerdo al estudio de tráfico realizado, para el año estimado de inicio del servicio, se tienen los volúmenes vehiculares, por día (ambas direcciones). Con esta información básica se calcula el número acumulado de repeticiones de carga (N). En base a los análisis estadísticos descritos en el estudio de Tráfico y de acuerdo a las consideraciones expuestas se ha calculado los números acumulados de eje equivalente (EAL), al eje Standard de 8,200 Kg.

CUADRO No. 6.6

TIPO DE VEHÍCULOS	NUMERO	FACTOR CAMIÓN	DÍAS DEL AÑO	ESAL's
LIVIANOS	124,826	0.0013	365	59,230

BUSES	16,490	2.268	365	10,150,713
CAMIÓN C2	22,896	4.554	365	28,058,602
CAMIÓN C3	2,281	2.219	365	1,847,859
SEMITRAILER C3 S2	2,281	2.589	365	2,155,974
SEMITRAILER C3 S3	2,281	2.265	365	1,886,165
<b>TOTAL ESAL's</b>				<b>44,158,543</b>

De acuerdo a lo anterior, para los primeros 10 y 20 años se tendrá el siguiente número acumulado de repeticiones de carga:

Cuadro 6.7  
Resumen de resultados del estudio de tráfico

No.	Sector	EAL (Pavimento flexible)	
		10 años	20 años
1	Tramo	44'158.543	88'317.086

#### 6.7.2.4 Trafico para diseño

TRAFICO EN EL CARRIL DE DISEÑO

$$44.000.000 \times 0.5 \times 0.8 = 17,600,000 \text{ ESAL's}$$

#### 6.7.2.5 Capacidad portante del terreno de la subrasante

CBR DE DISEÑO 4,066%

MODULO RESILIENTE (MR)

$$MR = 1500 * CBR$$

$$MR = 1500 * 5.33$$

$$MR = 8000 \text{ ps}$$

#### 6.7.2.6 Índice de serviciabilidad

La serviciabilidad de un pavimento está definida como su habilidad para servir al tipo de tráfico (automóviles y camiones) que usa la vía. La medida primaria de la serviciabilidad es el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, Present Serviciabilty Index), que varía entre cero (0), camino imposible, y cinco (5), camino perfecto.

Los términos de referencia establecen que el índice de serviciabilidad inicial sea de  $P_o=4$  y el índice de serviciabilidad final  $P_t = 2$ , por lo que la disminución del índice de serviciabilidad será 2.

#### 6.7.2.7 Índices estructurales

Los índices estructurales considerados son los siguientes:

En la vía se prevé la construcción de pavimento nuevo, para este caso se adoptan los siguientes coeficientes de capa:

Cuadro No. 6.8  
Coeficientes estructurales asignados a las capas estructurales de pavimento nuevo.

Tipo de Pavimento	Vía Tramo
Concreto asfáltico nuevo	0.40
Base Granular (Clase 1)	0.14
Sub-base granular	0.11
Material Mejoramiento	0.10

#### 6.7.2.8 Confiabilidad (r)

La confiabilidad de un proceso de diseño-comportamiento de un pavimento, es la probabilidad de que una sección del pavimento, diseñada usando el proceso, se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y medio ambiente durante el periodo de diseño. De acuerdo a los términos de referencia el nivel de confiabilidad se establece en 95%.

Para estos niveles de confiabilidad, la Desviación Standard Normal (Tabla 4.1, pág. 1-62 de la Guía de Diseño AASHTO), resulta  $Z_r = - 1.645$ , según se aprecia en la siguiente figura:

#### Cuadro No.6.9

**Table 4.1. Standard Normal Deviate ( $Z_R$ ) Values Corresponding to Selected Levels of Reliability**

Reliability, R (percent)	Standard Normal Deviate, $Z_R$
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

### 6.7.2.9 Desviación estándar

Por otro lado, considerando que se ha efectuado un estudio de tráfico detallado, que ha incluido censos de vehículos y de cargas, se adopta, para pavimento flexible:

$$S_o = 0,40$$

### 6.7.2.10 Coeficiente de drenaje

En lo que respecta a los factores, se toman en cuenta las condiciones de drenaje, se siguen las recomendaciones del método del diseño (Parte II-chapter 2 – 2.4.1 Drainage – Table 2.4 – página II-25) que se presenta: Cuadro 6.10

**Table 2.4. Recommended  $m_1$  Values for Modifying Structural Layer Coefficients of Untreated Base and Subbase Materials in Flexible Pavements**

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			Greater Than 25%
	Less Than 1%	1-5%	5-25%	
Excellent	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Good	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Fair	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Poor	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Very poor	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Figura.- Valores de coeficientes de drenaje recomendados

De acuerdo a las condiciones particulares del presente caso, esto es suelos granulares que aseguran un drenaje relativamente bueno y una sola estación lluviosa, con altas lluvias, un bombeo de 2% mínimos y pendientes moderadas, se ha adoptado:

Base Granular = 1.00

Sub-base = 0,80

Material de Mejoramiento = 0.80

#### 6.7.2.11 Numero estructural (sn):

Con los parámetros anotados se corre el software AASHTOPAV para diseño de pavimentos flexibles y obtenemos el espesor del pavimento expresado por el NUMERO ESTRUCTURAL (SN).

**SN = 5.03**

#### 6.7.2.12 Composición del pavimento

La ecuación para determinar el espesor de los estratos del firme es la siguiente:

$$SN = a_1d_1 + a_2d_2m_2 + a_3d_3m_3$$

a1 = coeficiente de estrato del hormigón asfáltico, capa de rodadura = 0.40

a2 = coeficiente de estrato de la Base granular clase 1= 0.14

a3 = coeficiente de estrato de la sub-base granular clase 1= 0.11

a4 = coeficiente de estrato del mejoramiento granular clase 1= 0.10

#### 6.7.2.13 Recomendación del método

Según el número de ESAL's, la AASHTO recomienda los siguientes espesores mínimos de los estratos:

**CUADRO No. 6.11 ESPESORES MINIMOS DE LOS ESTRATOS**

ESAL's	CONCRETO ASFALTICO	BASE DE AGREGADOS
150.001 – 500.000	2.5"	4"
500.001 – 2'000.000	3.0"	6"
2'000.001 - 7'000.000	3.5"	6"
> 7'000.000	4.0"	6"

#### 6.7.2.14 ESPESOR DE LOS ESTRATOS

Resolviendo la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

El pavimento flexible a colocar estará constituido por una capa de rodadura de hormigón asfáltico preparado en planta, una capa de Sub-base granular clase 1 y una capa de mejoramiento de los siguientes espesores:

Se recomienda colocar un espesor de mejoramiento entre 35 a 60 cm.

**CUADRO No. 6.12**

<b>ESTRATO</b>	<b>ESPEJOR</b>	
Carpeta Asfáltica de rodadura	9"	22,5 cm.
Base Granular Clase 1	6"	15 cm.
Sub-Base Granular Clase 2ç	8"	20 cm.
Mejoramiento	variable	variable

### CUADRO No. 6.13

HOJA 1 / 1

#### CÁLCULO DE LOS ESPESORES DE CAPAS DE HORMIGÓN ASFÁLTICO NORMAS ASSHTO - 93

**PROYECTO :** PROYECTO "Y" CORRALITOS - TILLALES  
**LOCALIZACIÓN :** Provincias de EL ORO  
**TRAMO :** ENLACE TILLALES - E45  
**SOLICITADO POR :** ING. VICTOR CAMPOVERDE  
**FECHA :** 01/12/2014

PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	W 18	log W 18	SN (REQUERIDO)		Zr	So	ΔPSI	Mr	log W 18**	OBSERVACIONES
10 AÑOS	17.000.000	7,230	NS <sub>1</sub> '	3,5050	-1,645	0,4	2,00	25.000	7,239	
			NS <sub>2</sub> '	4,1860	-1,645	0,4	2,00	15.000	7,239	
			NS <sub>2</sub> '	4,7880	-1,645	0,4	2,00	10.000	7,239	
			NS <sub>3</sub> '	5,1420	-1,645	0,4	2,00	8.000	7,239	
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO</b>										
DESCRIPCIÓN	ESPESOR (cm)	COEFICIENTES DE CAPA			COEFICIENTES DE DRENAJE		MODULO DE RESILENCIA		NÚMERO ESTRUCTURAL	
		(a <sub>i</sub> )	(pg <sup>-1</sup> )	(cm <sup>-1</sup> )	(m <sub>i</sub> )		Mr	psi	(SN)	
Carpeta Asfáltica (Estabilidad Marshall 1800 lb)	22,5	a <sub>1</sub>	0,40	0,1575	m <sub>2</sub>	1,00	Mr <sub>(CARPETA ASFÁLTICA NUEVA)</sub>	400000	SN <sub>1</sub>	3,543
Capa granular Base (Clase 1) nueva	15,0	a <sub>2</sub>	0,14	0,0531			Mr <sub>(BASE CLASE 1 NUEVA)</sub>	25000	SN <sub>2</sub>	0,797
Capa granular Subbase (Clase 2) nueva	20,0	a <sub>2e</sub>	0,11	0,0433			Mr <sub>(SUBBASE)</sub>	15000	SN <sub>3</sub>	0,693
MATERIAL DE MEJORAMIENTO	20,0		0,10	0,0394			m <sub>3</sub>	0,80	10000	
Sub-Rasante existente	-						Mr <sub>(SUB-RASANTE)</sub>	8000		
<b>TOTAL</b>	77,5	cm						NS =	NS <sub>1</sub> + NS <sub>2</sub> + NS <sub>3</sub> =	5,03

### **6.7.3. ESTUDIO DE TERRAPLENES**

#### **6.7.3.1. INTRODUCCIÓN**

Con la finalidad de optimizar el sistema vial del país, el MTOP de la Provincia de El Oro, ha planteado entre sus objetivos, la construcción de la autopista del tramo Huaquillas – Rio –Siete, que conecta con la Red Estatal E-25, que sirvan para elevar el nivel socio económico de los pobladores que circundan al proyecto, en este caso se prevé el Intercambiador sobre la Carretera Machala - Guayaquil, en el Sector de Tillales.

El diseño geométrico del Intercambiador diamante con pesas, considera la construcción un distribuidor diamante con pesas, un puente de luz 60 m, en dos tramos, con rampas de acceso desde el nivel de la calzada de la vía hasta el nivel de rasante del puente., como se puede ver en el gráfico siguiente.

#### **6.7.3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

La autopista “Y” de Corralitos - Tillales es una de las obras viales que constituyen el Eje Vial Guayaquil – Piura.

Este proyecto está constituido por una vía de 8.3 kilómetros de longitud que constará de 6 carriles más 2 espaldones (estacionamiento, uno a cada lado), un distribuidor de tráfico (tipo trébol) a la altura de Bella India, un nuevo puente sobre el río Jubones, a una distancia de 1500 metros aguas arriba del actual que tendrá 50 m. de ancho y 165 m. de longitud, y dos pasos elevados: uno en el sector de la Unión y otro en la “Y” de Tillales, cantón El Guabo.

Las rampas se desarrollan desde el nivel 14, 90 mssnm, hasta el nivel de rasante del puente cota 23,50 msnm, lo que representa alturas del orden de los 8,60 m.

El ancho del terraplén en su corona, está diseñado para alojar dos carriles de circulación, con un ancho de 11,30 m

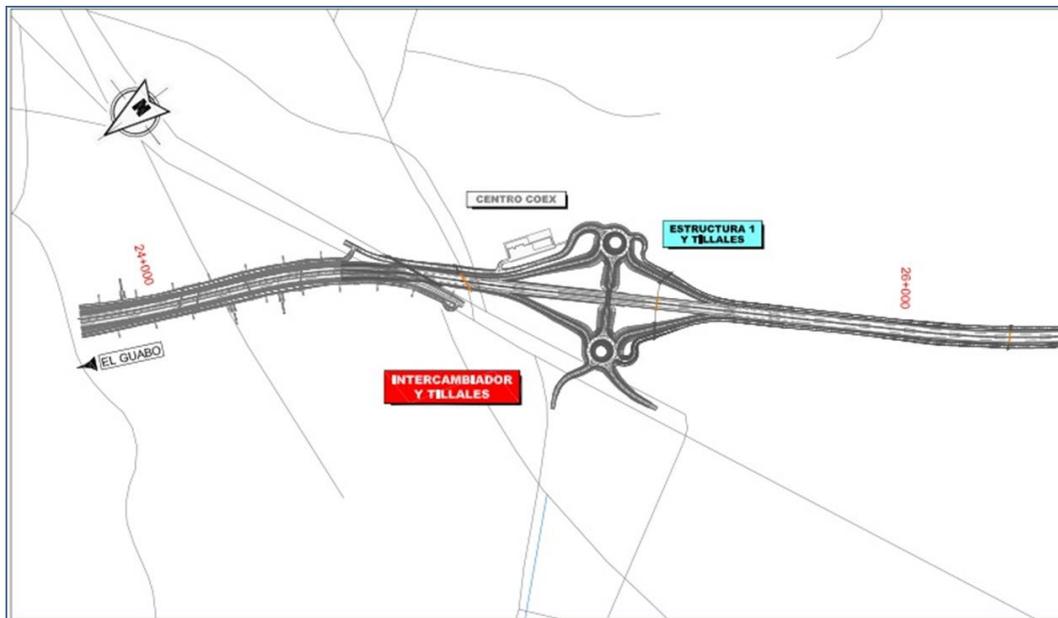
Con estas condiciones se hace necesario el estudio de los terraplenes de acceso para definir la inclinación de los taludes, evaluar la capacidad de carga del terreno de apoyo y la estabilidad del conjunto.

Para los análisis se utilizará la información geotécnica obtenida en el estudio realizado para las cimentaciones del puente, y, las características geométricas del Puente.

### 6.7.3.3. UBICACIÓN DEL PROYECTO

La zona del presente estudio se ubica en la provincia de El Oro, en el sitio de implantación del Intercambiador, sobre la Carretera Machala - Guayaquil, en el Sector de la “Y” de Tillales.

**Gráfico No. 6.0 Planta del intercambiador.**



Desde el punto de vista geográfico el puente se encuentra ubicado dentro de la siguiente área, delimitada por las siguientes coordenadas:

Latitud	Longitud
N 9°641.020	E 627.800
N 9°641.100	E 627.880

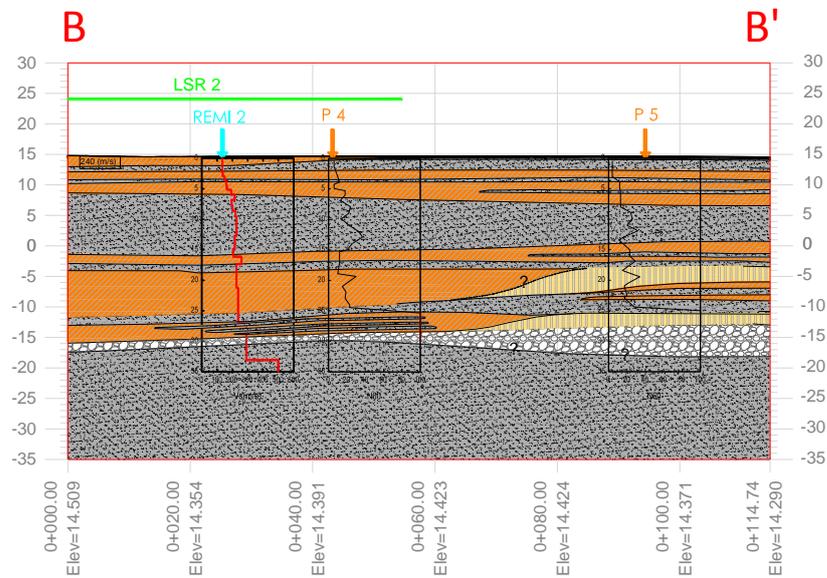
**Cuadro No. 6.14** Propiedades del subsuelo

<b>Modelo Norte</b>										
Tipos de suelo	Modelo	Tipo de drenaje	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	E (MPa)	c (kPa)	$\phi$ (°)	$\lambda^*$	k*	OCR	K <sub>x</sub> (m/día)
Relleno	M-C	D	19	100						
Pedraplén	M-C	D	19	120						
Arcilla 1	SSM	Und (A)	16.5			32	0.082	0.014	3.5	6.4*10 <sup>-5</sup>
Arcilla 2	SSM	Und (A)	17			34	0.082	0.014	3	6.4*10 <sup>-5</sup>
Arcilla 3	SSM	Und (A)	17.5			22	0.082	0.014	2.2	6.4*10 <sup>-5</sup>
Arcilla 4	SSM	Und (A)	17.5			28	0.1050	0.01770	1.4	3.4*10 <sup>-5</sup>
Arcilla 4a	SSM	Und (A)	17.5			30	0.077	0.013	1.4	3.4*10 <sup>-5</sup>
Arcilla 5	M-C	Und (B)	18	100	250					
Arena 1	M-C	D	17	30		33				
Arena 2	M-C	D	17.5	45		35				
Arena 3	M-C	D	18	100		38				

#### 6.7.3.4. Evaluación de estado límite de falla de los terraplenes.

Para los análisis previos a la solución planteada en el lado norte se han considerado los sondeos de exploración geotécnica realizados: dos sondeos de rotación-percusión P-4 y P-5, dos sondeos CPTu, con ensayos de disipación de presión de poros, 1 línea sísmica de refracción y 1 ensayo tipo ReMi.

En función de estos ensayos se realizó el perfil geotécnico B-B' y se analizó el estado límite de falla y de servicio para la condición de terraplén en el sitio adyacente al estribo norte. La variación espacial de ésta solución geotécnica es mostrada en el plano de conformación de solución adjunto. En la grafica 6.1 se muestra el perfil geotécnico considerado.

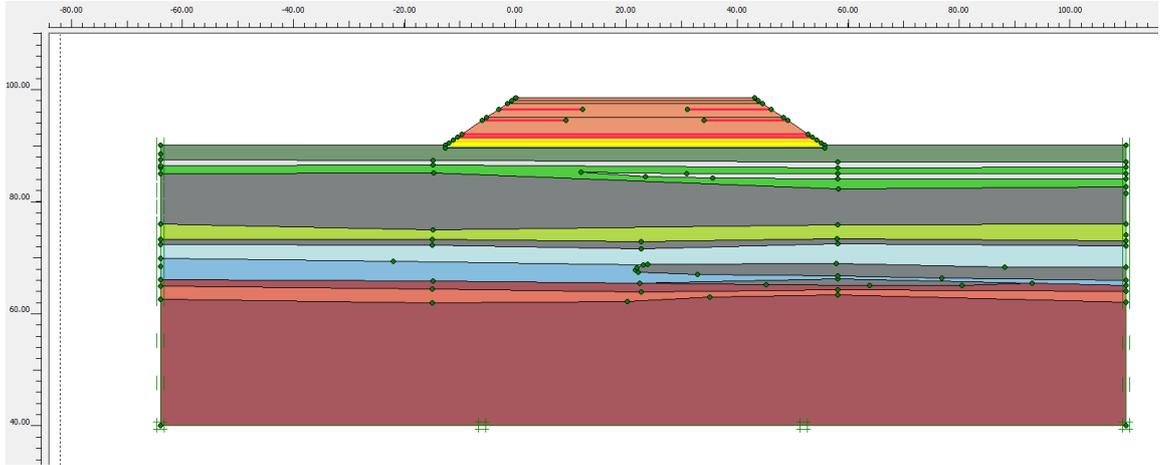


**Figura 21.** Perfil geotécnico considerado para análisis del lado Norte

Los análisis realizados contemplan los diferentes factores que contribuyen al comportamiento de la masa del terraplén; tales como: morfología, geología y propiedades de geomateriales, flujo de agua, entre otros. Todas estas variables se tomaron en cuenta con la finalidad de que los modelos de elementos finitos reflejen de manera más acertada el comportamiento real de la masa de suelo. Estos comentarios aplican a los análisis del sitio norte y a las alternativas del lado sur.

En la figura 22 se presenta un esquema del modelo ingresado al software de elementos finitos Plaxis 2D, del terraplén con la solución planteada; ésta consiste en colocar una cama de transferencia de 1 metro de espesor con mallas uniaxiales de

resistencia última a la tensión del orden de 160 kN/m, espaciadas verticalmente 50 cm. Esta cama de transferencia de carga será conformada sobre la cama de transferencia de 1 metro de espesor actualmente construida.



**Gráfico 6.2.** Geometría de modelo norte ingresado al Plaxis 2D

Posteriormente se conformarán las diferentes etapas de relleno respetando los tiempos de consolidación mostrados en la figura 23 y resumidos en la tabla 6. Además, se deberán colocar dos capas de mallas uniaxiales de una longitud  $L=15$  m, con una resistencia a la tensión última del orden de 160 kN/m, en las ubicaciones indicadas en los planos adjuntos.

Resulta necesaria la colocación de mallas uniaxiales y no biaxiales debido a que la resistencia a la tensión última de las mallas uniaxiales es mucho mayor a la resistencia de las mallas biaxiales, debiéndose respetar el orden de resistencia recomendado (160 kN/m).

Identificación	No. fase	Inicio de...	Cálculo	Introducción de carga	Presión intersticial	Tiempo	Etapas	Agua	Pri...	Últ...	Enfoque...
✓ Fase inicial	0	N/A	Procedimiento K0	No asignado	Freático	0.00 día	L 0	W 0	1	1	Valores ...
✓ <Fase 1>	1	0	Plástico	Construcción por et...	Freático	3.00 día	L 1	W 1	2	20	Valores ...
✓ <Fase 2>	2	1	Consolidación	Construcción por et...	Freático	97.00 día	L 1	W 1	21	36	Valores ...
✓ <Fase 3>	3	2	Plástico	Construcción por et...	Freático	3.00 día	L 3	W 3	37	53	Valores ...
✓ <Fase 4>	4	3	Consolidación	Construcción por et...	Freático	77.00 día	L 3	W 3	54	73	Valores ...
✓ <Fase 5>	5	4	Plástico	Construcción por et...	Freático	3.00 día	L 5	W 5	74	79	Valores ...
✓ <Fase 6>	6	5	Consolidación	Construcción por et...	Freático	27.00 día	L 5	W 5	80	93	Valores ...
✓ <Fase 7>	7	6	Plástico	Construcción por et...	Freático	3.00 día	L 7	W 7	94	97	Valores ...
✓ <Fase 8>	8	7	Consolidación	Construcción por et...	Freático	57.00 día	L 7	W 7	98	116	Valores ...
✓ <Fase 9>	9	8	Plástico	Construcción por et...	Freático	3.00 día	L 9	W 9	117	121	Valores ...
✓ <Fase 10>	10	9	Seguridad	Multiplicadores incr...	Desde la fase a...	0.00 día	L 9	W 9	122	221	Valores ...
✓ <Fase 11>	11	9	Consolidación	Construcción por et...	Desde la fase a...	5000.00 día	L 9	W 9	222	285	Valores ...
✓ <Fase 12>	12	11	Seguridad	Multiplicadores incr...	Desde la fase a...	0.00 día	L 9	W 9	286	385	Valores ...

**Gráfico 6.3.** Tiempos considerados para cada fase de análisis en Plaxis 2D

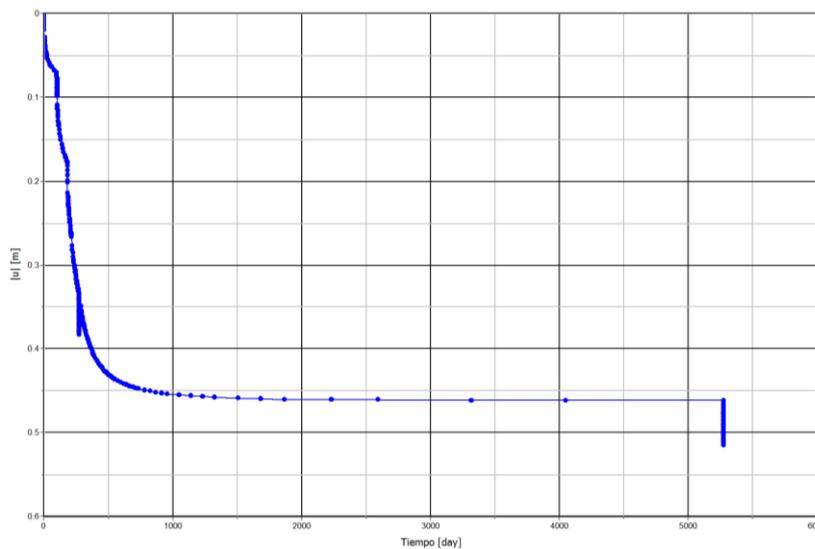
**Cuadro 6.15.** Resumen de tiempos considerados para cada etapa constructiva.

Etapa	Fase de análisis en Plaxis	Altura de terraplén conformado (m)	Tiempo necesario para construcción de etapa (días)	Rango de asentamientos acumulados estimados al término de etapa (cm)
1	2	2	50*	-
2	4	5	80	-
3	6	7.5	30	-
4	8	8	60	27-39
5	9	8.50		34-47
Total			<b>220</b>	

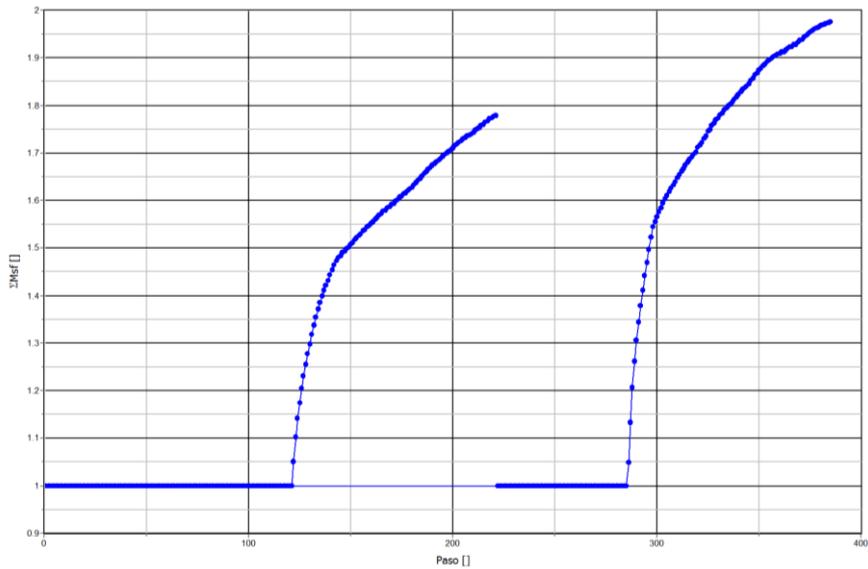
\*Se ha considerado 50 días menos que lo presentado en el análisis debido a que el primer metro de cama de transferencia ha sido colocado al momento de redacción de este informe.

#Se ha considerado esta altura máxima, en caso de necesitarse menor altura para llegar a las cotas de proyecto se considerará la etapa 3 como la etapa de conformación de terraplén hasta los 7.5 metros y el remanente de altura será constituido en el tiempo indicado en la columna 4.

En las siguientes figuras se muestra la variación de las deformaciones máximas estimadas en función del tiempo transcurrido en cada etapa constructiva y la variación del factor de seguridad en cada etapa de análisis en el Plaxis 2D.



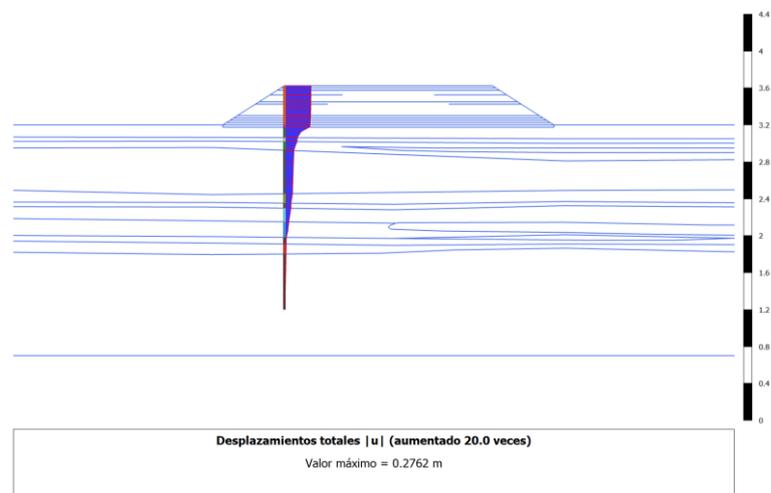
**Gráfico 64.** Variación de deformaciones máximas en función de cada etapa constructiva



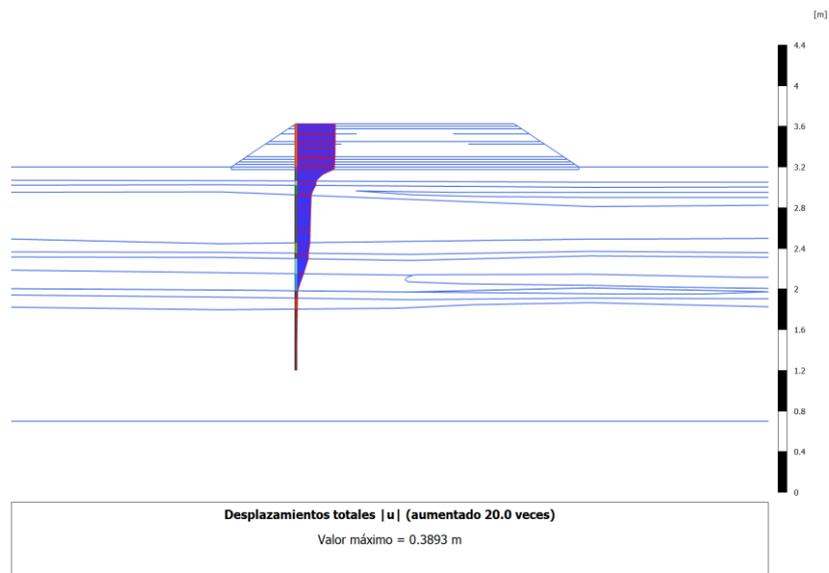
**Gráfico 25.** Variación de factor de seguridad en función de cada etapa constructiva

A continuación se presenta un resumen de la magnitud de deformaciones en el centro del terraplén en comparación a las magnitudes de deformaciones en el borde del terraplén para la condición en que la altura del terraplén es de 8.50m.

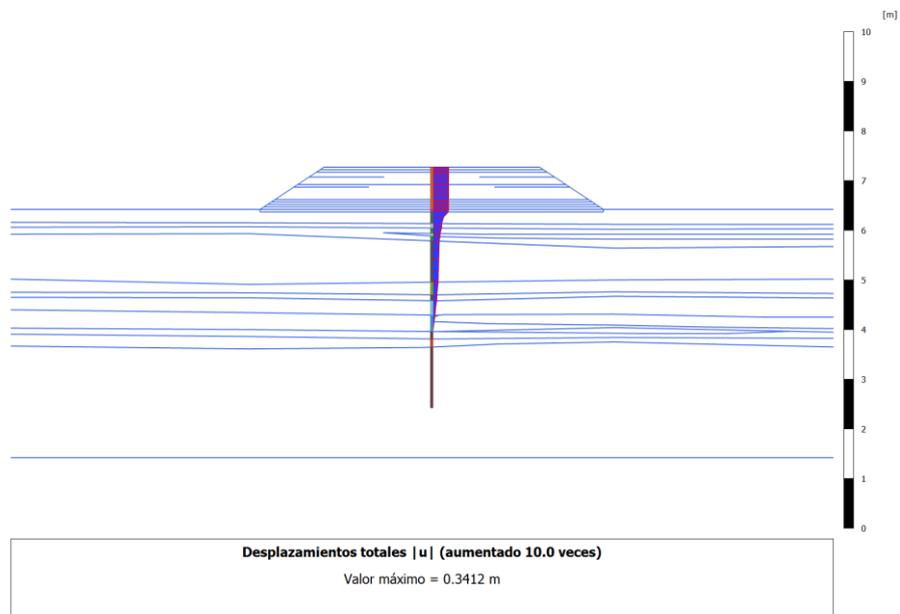
Esta comparación ha sido realizada para las fases 9 y 11, es decir, se ha comparado la magnitud de asentamientos al momento de colocación del pavimento con la magnitud de asentamientos totales al final de la consolidación primaria.



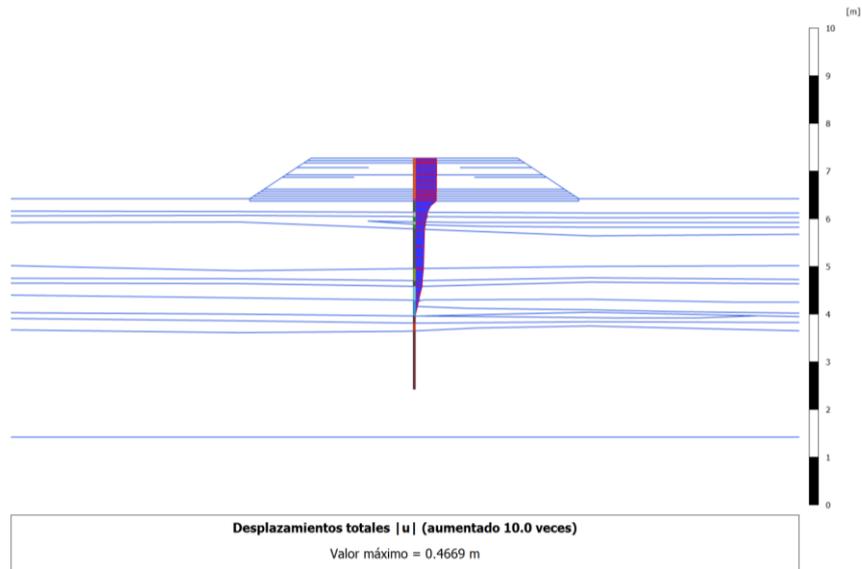
**Gráfico No. 6.6.** Magnitud de asentamientos totales en el borde del terraplén al momento de colocación de pavimento



**Gráfico No. 6.7.** Magnitud de asentamientos totales en el borde del terraplén al final de la consolidación primaria



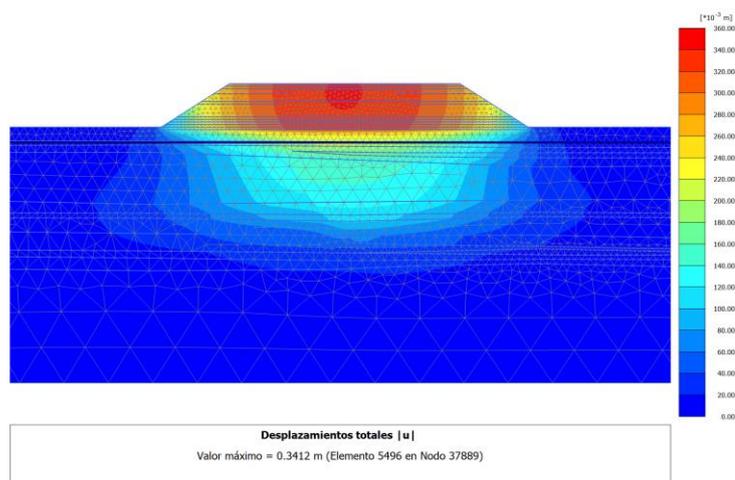
**Gráfico No. 6.8.** Magnitud de asentamientos totales en el centro del terraplén al momento de colocación de pavimento



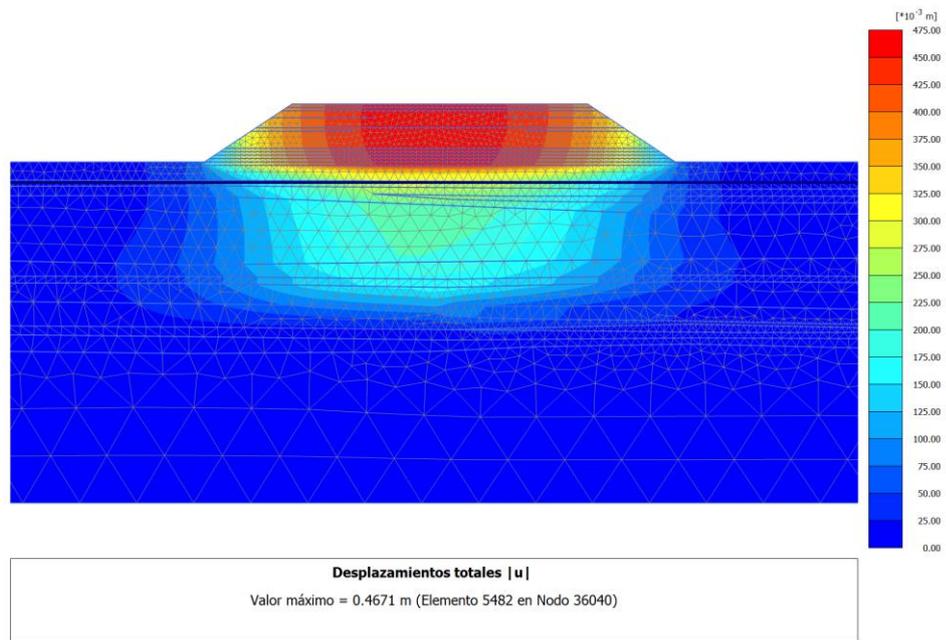
**Gráfico No. 6.9.** Magnitud de asentamientos totales en el centro del terraplén al final de la consolidación primaria

Como se observa en las figuras, se producirían asentamientos diferenciales del orden de 1 cm en 21 m. Los asentamientos totales máximos desde el inicio de las fases constructivas son del orden de 47 cm, mientras que los asentamientos totales producidos luego de la colocación del pavimento serían del orden de 12 cm.

A continuación, se muestra un mapa de isocapas de deformaciones con la distribución espacial de las mismas, al momento de colocación del pavimento y al final de la consolidación primaria.



**Gráfico No. 6.10.** Mapa de isocapas de deformaciones totales producidas al momento de colocación del pavimento



**Gráfico No. 6.11.** Mapa de isocapas de deformaciones totales producidas al final de la consolidación primaria

En el plano Alternativa de solución geotécnica Lado Norte que se muestra en el Anexo A se detalla la solución integral de estabilidad para las diferentes dimensiones de terraplén, las mismas que se muestran esquemáticamente en las figuras 30 a 32.

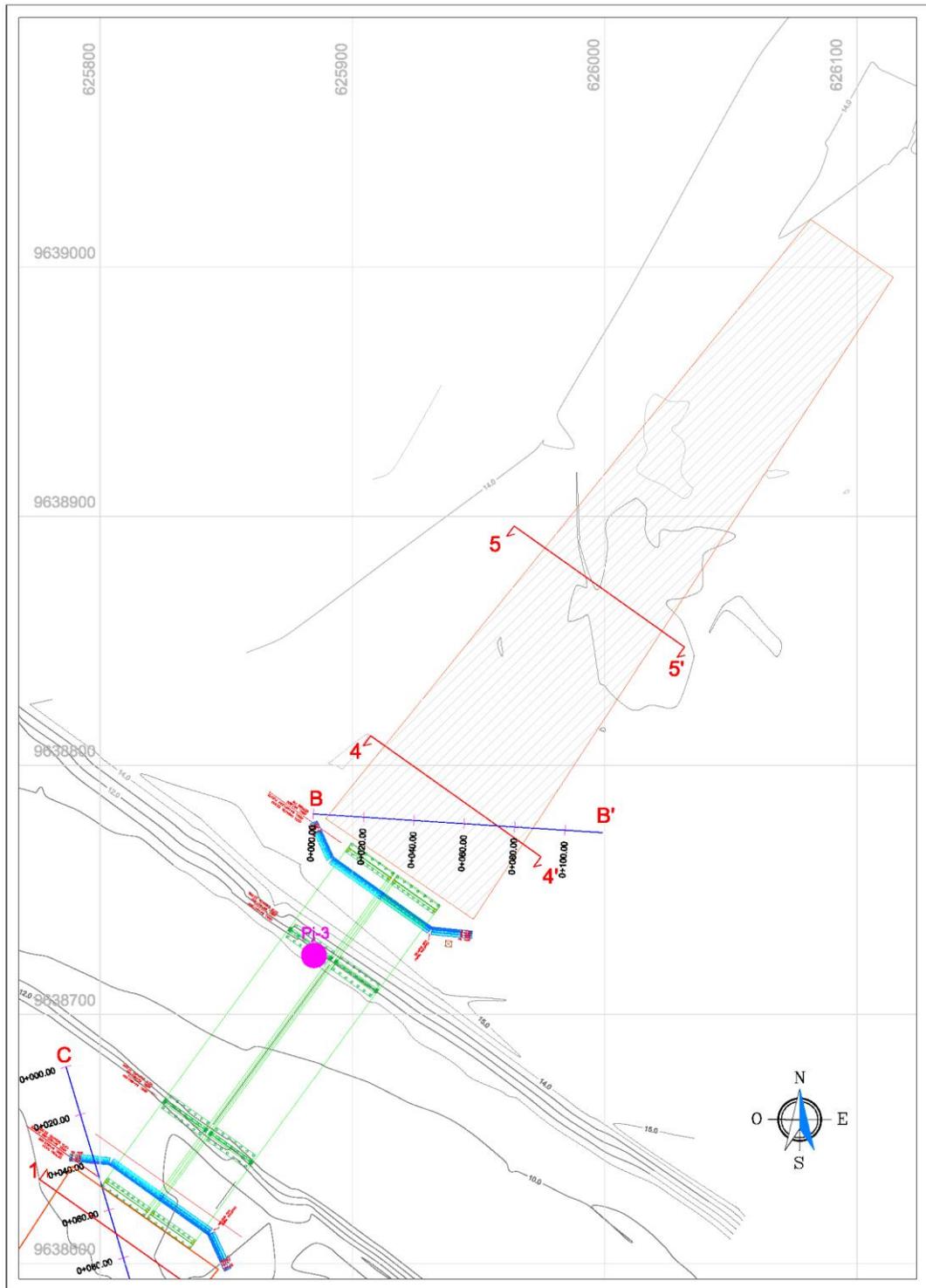
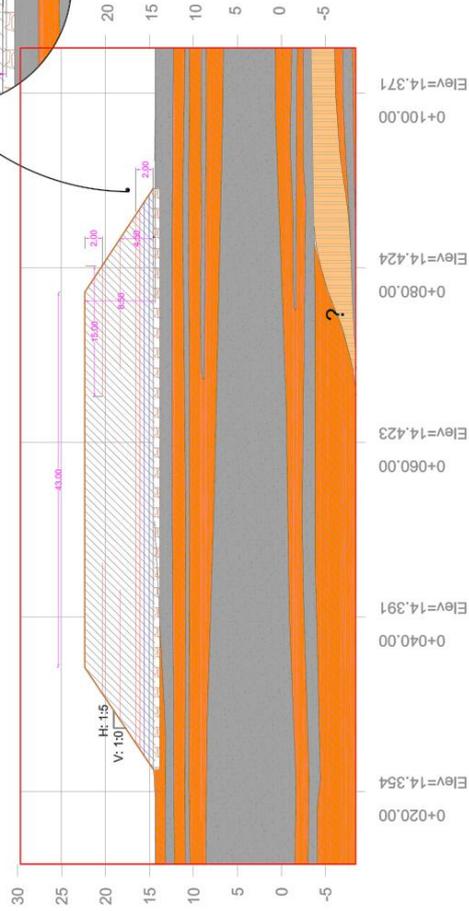


Gráfico No. 6.12. Implantación de terraplenes en el lado norte

**DETALLE 1**

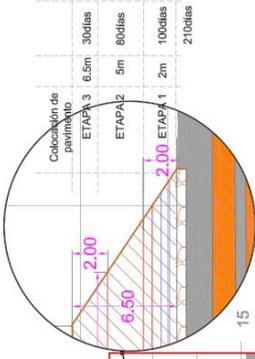
Colocación de pavimento	ETAPA 4	ETAPA 3	ETAPA 2	ETAPA 1
50días	8.5m	7.5m	5m	2m
30días				100días
80días				260días

**TERRAPLÉN 4-4'**

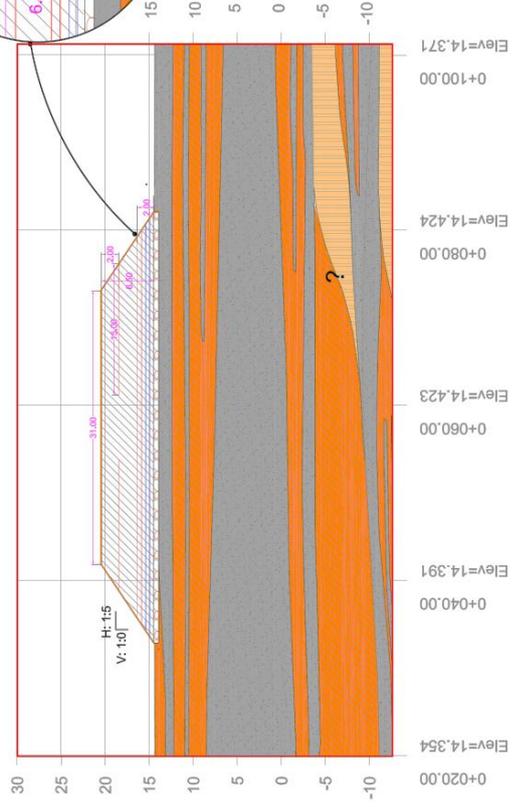


**PERFIL B-B'**  
**TERRAPLEN 4-4'**  
 ESCALA 1:500

**DETALLE 2**



**TERRAPLÉN 5-5'**



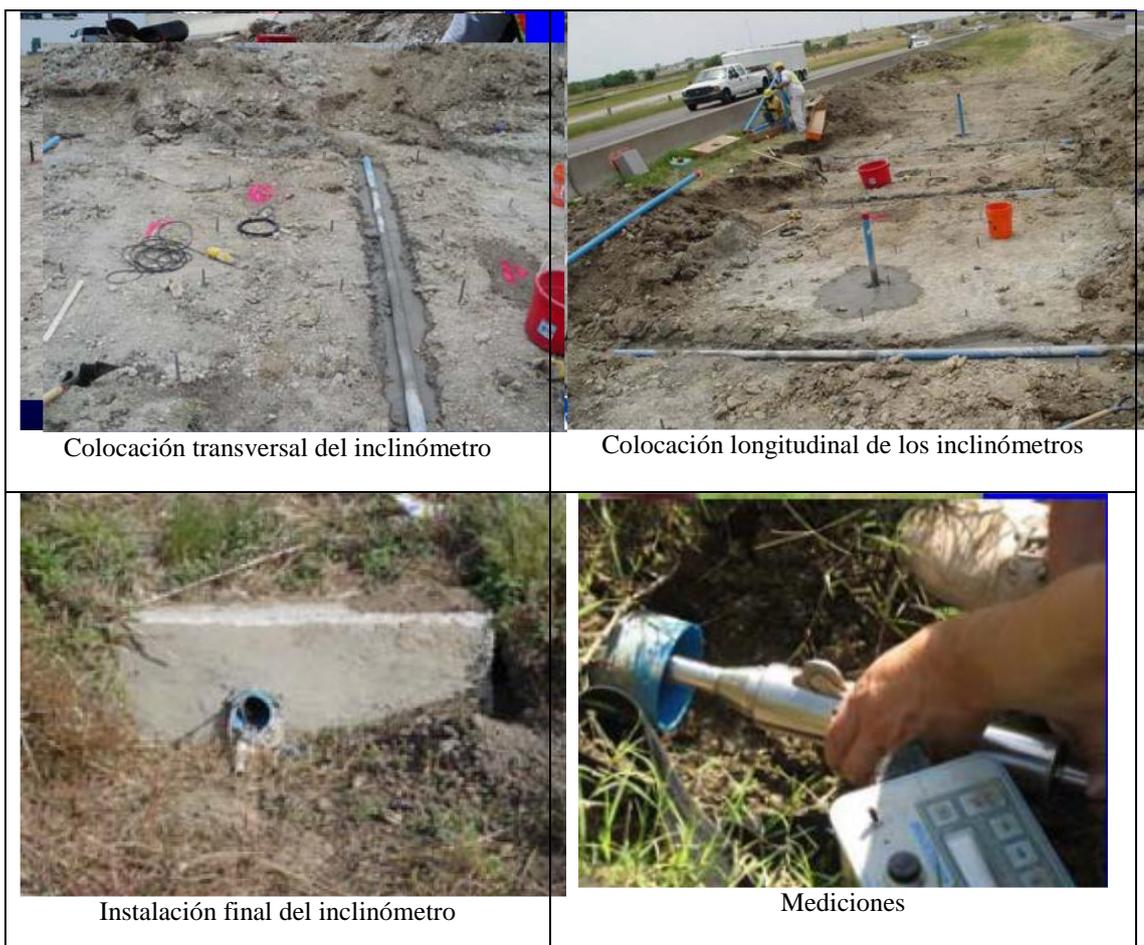
**PERFIL B-B'**  
**TERRAPLEN 5-5'**  
 ESCALA 1:500

### **6.7.3.5. Especificaciones adicionales para el monitoreo de asentamientos**

Para monitorear los asentamientos por consolidación esperados y la variación del exceso de presión de poros, se recomienda la colocación de placas de asentamientos y piezómetros de casa grande como se detalla en el Anexo A de este informe, para estimar los asentamientos totales y el tiempo de estos mediante el método de Asaoka (1978). Es responsabilidad del constructor compactar el material alrededor de estos instrumentos y tener el debido cuidado para salvaguardar la integridad de los mismos. Además, se deberán colocar inclinómetros horizontales transversalmente ubicados a lo largo del relleno, para de esta manera controlar los asentamientos diferenciales entre el centro y el borde del terraplén. Para todos los casos, se deberán tomar 2 lecturas por semana de los diferentes dispositivos instalados. Con las mediciones de campo de los asentamientos, y mediante el método de Asaoka (1978) se estimarán los asentamientos totales in situ.



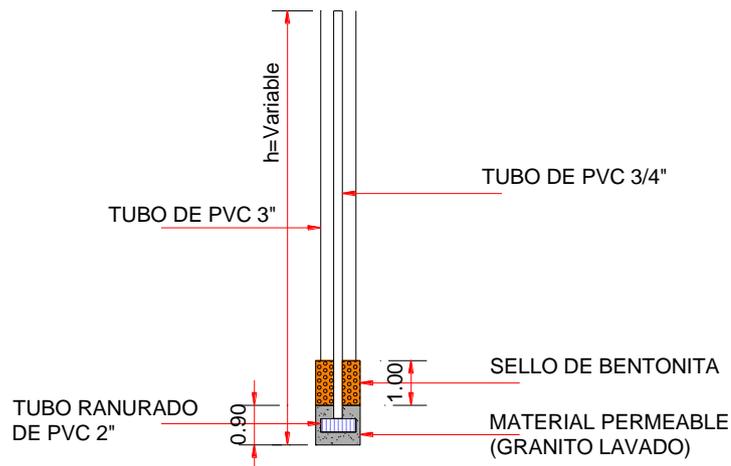
**Gráfico No. 6.15.** Instalación de placas de asentamientos



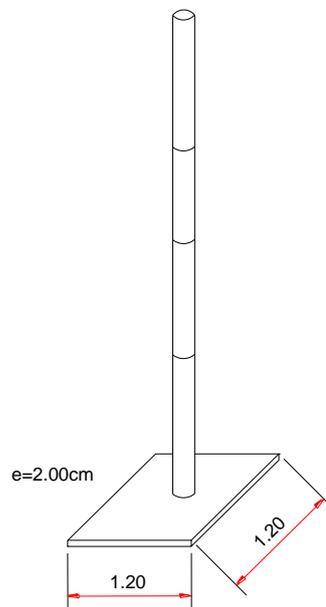
**Gráfico No. 6.16** Instalación y medición de inclinómetros horizontales

Las placas para el control de asentamiento, quedarán conformadas por una base rectangular de acero estructural A-36 de 120 cm de lado y 5 cm de espesor, un vástago tubular de acero estructural A-36 de 15 cm de diámetro exterior y 8 mm de espesor.

Los piezómetros abiertos Tipo Casagrande, servirán para medir la disipación de la presión de poros a través del tiempo. Estos quedarán conformados por una perforación de 15 cm de diámetro y su profundidad será al centro del estrato arcilloso compresible.



**Piezómetro**



**Placa de asentamiento**

**Gráfico No. 6.17.** Detalle de placas de asentamientos y piezómetros.

Se deberá colocar placas metálicas sobre la superficie del terreno natural, antes de construir el terraplén o relleno, y el centro de la placa se fija con un tubo o barra metálica en posición vertical. Las dimensiones de la placa son lo suficientemente grandes como para que no sea arrastrada por las fuerzas cortantes actuando sobre el tubo vertical al asentarse el terreno. Se deberán ir agregando tramos verticales de tubo a medida que avanza el tiempo.

El asentamiento de la placa se determina nivelando topográficamente la parte superior del tubo vertical. Entre las desventajas de la placa de asentamiento se tiene la posibilidad de ser dañada por el equipo de construcción, la dificultad para compactar alrededor del tubo vertical, la posible acumulación de errores al ir agregando nuevas extensiones al tubo, y la necesidad de contar con una brigada de topografía para tomar las lecturas. Sin embargo, con el debido cuidado se puede alcanzar una precisión comprendida entre 5 y 25 mm. En ocasiones se le agrega un tubo exterior telescópico para aislar la barra vertical del relleno y evitar la transferencia de carga a la placa debida al arrastre del suelo sobre la barra.

A continuación se resumen las obras necesarias para la solución integral de estabilidad en el lado norte.

- Conformación de cama de transferencia con mallas biaxiales. Se deberá colocar 1 metro de cama de transferencia con material de sub-base clase 2 y mallas biaxiales, espaciadas verticalmente 50 cm, sobre el pedraplen conformado.
- Colocación de mallas uniaxiales en el cuerpo del terraplén. Se deberá colocar dos capas de mallas uniaxiales en las ubicaciones indicadas en el plano respectivo para las diferentes zonas de construcción del lado norte.
- Se deben respetar los tiempos de consolidación mostrados en la tabla 6. Es necesario que se respeten los tiempos indicados para que se dé el proceso de disipación del exceso de presión de poros y el consecuente incremento de resistencia de los estratos compresibles.

#### **6.7.3.6. Recomendaciones**

Resulta preponderante monitorear los asentamientos producidos en el tiempo con la colocación de instrumentación detallada en el plano anexo. Se deberán colocar placas de asentamientos, piezómetros de cuerda vibrante e inclinómetros horizontales acorde a lo indicado en los planos.

Para que no se produzcan fallas por capacidad de carga se deben respetar los tiempos de consolidación para cada etapa constructiva, de lo contrario se producirían fallas por capacidad de carga debido a que los estratos compresibles del suelo de fundación no podrán disipar el exceso de presión de poros, proceso de fundamental importancia para la ganancia de resistencia de las arcillas, características que se han considerado en los modelos de suelo para estratos compresible.

Dada la magnitud de los asentamientos y debido a los asentamientos diferenciales que se producirán transversal y longitudinalmente se recomienda la colocación de pavimento flexible debido a las fisuras y grietas que afectarían considerablemente la serviciabilidad del pavimento rígido. Por lo tanto, en toda la extensión del acceso al puente debe colocarse pavimento flexible.

#### **6.7.4. PROCESO CONSTRUCTIVO DE TERRAPLENES.**

##### **6.7.4.1 Preparación del terreno de cimentación**

Una vez replanteado y nivelado el eje de la vía de acceso al puente, con sus rampas centrales, el terreno de cimentación será preparado para recibir el relleno.



**Gráfico No. 6.18.** Preparación del terreno de cimentación

Para el efecto se eliminará la capa vegetal, troncos y malezas, se escarificará y se compactará el terreno de cimentación en un espesor de 15 a 20 cm, deberá quedar completamente nivelada.



**Gráfico No. 6.19.** Eliminación de capa vegetal

Después se coloca un relleno de pedraplen 50 cm, de espesor



**Gráfico No. 6.20.**  
pedraplèn.



Relleno con

Una vez  
pedraplen en su

reconformado el  
espesor indicado

se realiza un emporado con material de préstamo importado unos 10 cm de espesor.



**Gráfico No. 6.21. 21** Emporado del relleno con pedraplèn

#### **6.7.4.2. Plataforma de transferencia**

Luego se procederá a la construcción de la plataforma de transferencia de carga esta tiene de espesor de 1 metro, mediante la colocación de geotextil separador y de geomalla biaxial de refuerzo tipo 2, que será fijada en el sitio mediante estacas, los traslapes del geotextil y la geomalla será de 0,50 m,



**Gráfico No. 6.22.** Colocación de plataforma de transferencia.

Sobre la geomalla se colocará una capa de material granular tipo sub base clase 2, de 25 cm de espesor compactada al 95 % del proctor modificado, cuidando de que las máquinas de transporte de materiales y de compactación no transiten sobre la geomalla, sino sobre los materiales ya extendidos. Una segunda capa de geomalla biaxial tipo 2, se coloca sobre la capa de material previamente compactado, se fija al terreno y procede a colocar una nueva capa de material granular tipo sub base clase 2, de 25 cm de espesor, controlada en su compactación; finalmente una capa de geomalla biaxial tipo 2, como remate.



**Gráfico No 6.23.**  
geotextil separador y  
por capa de 25 cm.



Colocación de  
de geomalla biaxial

#### **6.7.4.3. Cuerpo del terraplen (nucleo con M.P.I)**

Se encuentra conformado por materiales de préstamo importado, será tendido humedecido y compactado en capas de espesores no mayores a 25 cm, para ir formando la sección especificada en los planos.

Las exigencias en cuanto a grados de compactación son menores pudiendo alcanzarse grados de compactación del 90 % a 95 % del proctor modificado, la compactación de las capas será llevada desde el exterior del terraplén hacia el interior.



**Gráfico No. 6.24.**  
**con M.P.I.**



**Nucleo del terraplén**



**Gráfico No. 6.25.** Controles de compactación.

#### **6.7.4.4. Corona del terraplén**

los 50 cm, inferiores a la sub rasante (previos a la estructura del pavimento), los materiales que conforman la corona son del tipo sub base clase 2, compactados en dos capas de 25 cm, hasta alcanzar un grado de compactación del 95 % del Próctor modificado como mínimo. La compactación de las capas será llevada desde el exterior del terraplén hacia el interior.



**Gráfico No.**  
**terraplén.**



**6.26.** Corona del

## **6.7.5. DISEÑO GEOMÉTRICO**

### **6.7.5.1. Introducción**

El objeto del presente anexo, es el análisis y definición del trazado propuesto para la conversión en Autopista del tramo de la E-25 entre la “Y” de Tillales y Huaquillas.

### **6.7.5.2. Definición de condicionantes generales**

El presente proyecto se ha trazado geoméricamente teniendo en cuenta las prescripciones y requisitos de la Norma 3.1-IC del Ministerio de Fomento de España. Dicha Norma es de reconocido prestigio y presenta unos parámetros de diseño coherentes para la definición y cálculo de una infraestructura viaria con carácter de vía de alta capacidad, resultando un salto cualitativo y cuantitativo en el diseño de carreteras en Ecuador.

Además, este proyecto representa la continuación del tramo anterior de duplicación de la carretera E-25, entre Río Siete y la “Y de Tillales”. En realidad, el tronco se encuentra ya construido o en fase de ejecución a lo largo de casi toda la traza, y el cometido queda restringido a una serie de intervenciones puntuales, en cuanto a la modificación del trazado del tronco, no en cuanto a la medidas de seguridad vial, que serán, con carácter general, de aplicación a todo el tramo.

Para la realización de este proyecto, se cuenta con determinada información del proyecto en construcción, que es utilizada para el diseño de las actuaciones aquí desarrolladas. Sin embargo, la información dista mucho de resultar completa, pues existen tramos de los que no se dispone de información alguna, y en el resto, no resulta suficiente, pues no se encuentra adecuadamente georeferenciada. Ello provoca un grado de incertidumbre grande a la hora de llevar a cabo la definición de los distintos ejes proyectados, y han tenido que considerarse determinadas suposiciones e hipótesis, tratando de georeferenciar de la mejor manera posible la información disponible. Por tanto, esta precariedad en cuánto a dicha información,

no garantiza que finalmente, cuándo se lleve a cabo la construcción de las distintas actuaciones tanto en planta como en alzado, el entronque con la realidad final del proyecto actualmente en construcción, resulte satisfactorio.

### **6.7.5.3. Criterios de diseño**

El trazado de todo proyecto de carreteras, parte de la premisa de establecer el tipo de vía que corresponde a sus ejes, en virtud de lo cual, debe ceñirse a unos parámetros u otros de la norma 3.1.I.C. de referencia.

En esta norma, se diferencian dos tipos de vías:

- Grupo 1: Autopistas, Autovías, vías rápidas y carreteras C-100.
- Grupo 2: Carreteras C-80, C-60 y C-40

El tronco de autovía de un proyecto debe poseer la consideración de vía de alta capacidad, y como tal, sólo admite su encuadre dentro del grupo 1 de los establecidos en la norma 3.1.I.C., aunque su velocidad de tránsito puede oscilar entre los 80 Km/h y 120 Km/h.

En este caso, la actuación sobre el tronco de este corredor, se ciñe a actuaciones puntuales, y siempre sometidas a fuertes restricciones por diferentes causas, que impiden a menudo un total cumplimiento de las prescripciones de la norma. Las características del trazado proyectado y actualmente en construcción, son bastante heterogéneas a lo largo de toda la traza, y eso, así como las diversas restricciones añadidas que se deben tener en cuenta en nuestras actuaciones, hacen que el trazado a nuestro cargo, comprenda tramos de velocidad de tránsito 120 Km/h, pero también otros no superiores a 80 Km/h.

En los intercambiadores, los ramales, redondeles, pasos superiores de conexión entre ellos y vías de servicio de comunicación entre intercambiadores, sin embargo, no se requiere cumplir unos criterios tan estrictos como en un tronco de una vía de alta capacidad, suavizándose las condiciones a cumplir respecto a éste.

Por último, los caminos agrícolas y vías de servicio paralelos al tronco, independientes de los intercambiadores, poseen unas características en planta con radios que pueden llegar a ser notablemente menores, lo que implica una velocidad de circulación asociada a ellos de máximo 40 Km/h. Así, aunque no constituyan exactamente vías de las clasificadas como grupo 2 en la norma de trazado, en ellos, se toman como referencia los parámetros establecidos para velocidad 40 Km/h dentro de este segundo tipo de vías, aunque únicamente como orientación, sin considerarse imprescindible alcanzar su cumplimiento.

#### 6.7.5.4. Trazado en planta

##### 6.7.5.4.1. Características generales

La norma de trazado utilizada como referencia, resulta de enorme amplitud en cuánto a sus criterios en planta, resultando los más significativos los siguientes:

- Longitud mínima y máxima en recta.

$$L_{\min,s} = 1,39 \cdot V_p$$

$$L_{\min,c} = 2,78 \cdot V_p$$

$$L_{\max} = 16,70 \cdot V_p$$

Siendo:  $L_{\min,s}$  = longitud mínima (m) para trazados en «S» (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).  
 $L_{\min,c}$  = longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).  
 $L_{\max}$  = longitud máxima (m).  
 $V_p$  = velocidad de proyecto (km/h).

En la tabla 4.1 se incluyen los valores de estas longitudes para diferentes valores de la velocidad de proyecto.

TABLA 4.1.

$V_p$ (km/h)	$L_{SOL}$ (m)	$L_{SOL}$ (m)	$L_{SOL}$ (m)
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004

En general, para carreteras de calzadas separadas se emplearán alineaciones rectas en tramos singulares que así lo justifiquen, y en particular en terrenos llanos, en valles de configuración recta, por conveniencia de adaptación a otras infraestructuras lineales, o en las proximidades de cruces, zonas de detención obligada, etc.

**Cuadro No. 6.16** Radios mínimos en función de velocidad

Radios mínimos en función de la velocidad de proyecto y del tipo de vía, y peralte asociado.

TABLA 4.3. RELACIÓN VELOCIDAD ESPECÍFICA - RADIO - PERALTE PARA AUTOPISTAS, AUTOVÍAS, VÍAS RÁPIDAS Y CARRETERAS C-100 (GRUPO 1)

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h)	RADIO (m)	PERALTE (%)
80	250	8,00
85	300	8,00
90	350	8,00
95	400	8,00
100	450	8,00
105	500	8,00
110	550	8,00
115	600	8,00
120	700	8,00
125	800	7,51
130	900	6,97
135	1050	6,25
140	1250	5,49
145	1475	4,84
150	1725	4,29

**Cuadro No. 6.17** Radios mínimos en función de velocidad

**Cuadro No. 6.18** Relación velocidad específica – Radio - peralte

**TABLA 4.4. RELACIÓN VELOCIDAD ESPECÍFICA - RADIO - PERALTE PARA CARRETERAS C-80, C-60 Y C-40 (GRUPO 2)**

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h)	RADIO (m)	PERALTE (%)
40	50	7,00
45	65	7,00
50	85	7,00
55	105	7,00
60	130	7,00
65	155	7,00
70	190	7,00
75	225	7,00
80	265	7,00
85	305	7,00
90	350	7,00
95	410	6,50
100	485	5,85
105	570	5,24
110	670	4,67

- Curvas de transición. Se adoptará en todo caso como curva de transición la clotoide, cuya ecuación intrínseca es la que sigue:

$$R \cdot L = A^2$$

Siendo:

R = radio de curvatura en un punto cualquiera.

L = longitud de la curva entre su punto de inflexión ( $R = \infty$ ) y el punto de radio R.

A = parámetro de la clotoide, característico de la misma.

Otros valores a considerar son (figura 4.1):

- $R_o$  = radio de la curva circular contigua.
- $L_o$  = longitud total de la curva de transición,
- $\Delta R_o$  = retranqueo de la curva circular.
- $X_o, Y_o$  = coordenadas del punto de unión de la clotoide y de la curva circular, referidas a la tangente y normal a la clotoide en su punto de inflexión.
- $X_m, Y_m$  = coordenadas del centro de la curva circular (retranqueada) respecto a los mismos ejes.
- $\alpha_l$  = ángulo de desviación que forma la alineación recta del trazado con la tangente en un punto de la clotoide.

En radianes:  $\alpha_l = \frac{L}{2R}$

En grados centesimales:  $\alpha_l = 31,83 \frac{L}{R}$

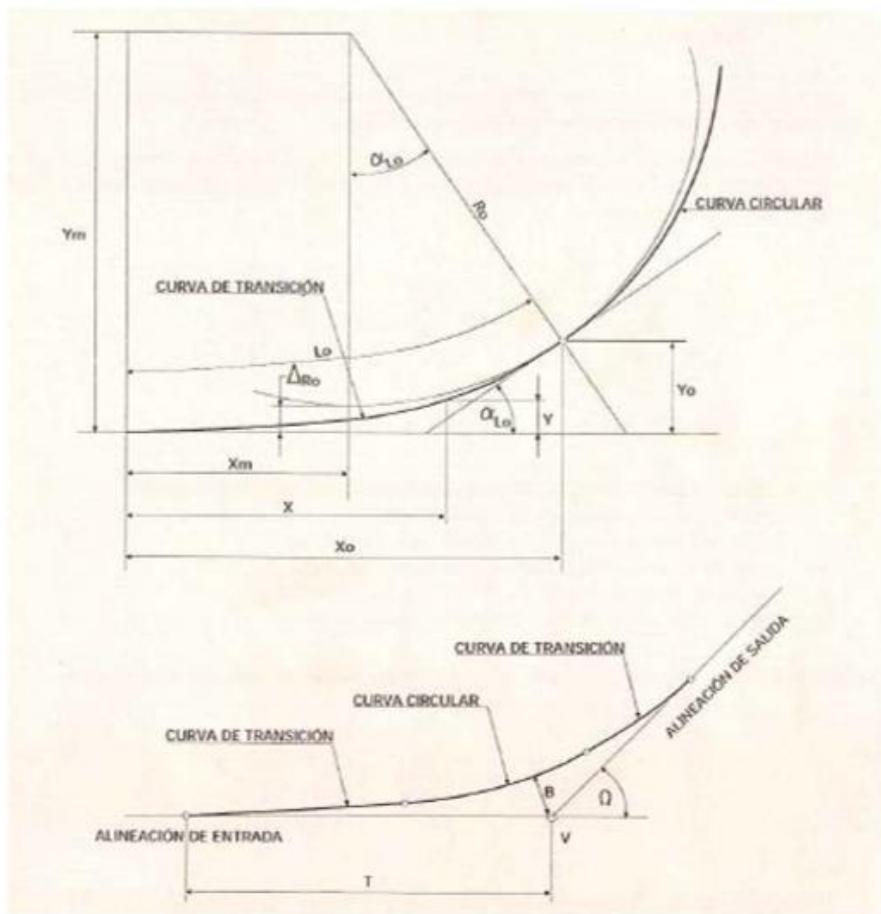


FIGURA 4.1. CURVA DE TRANSICIÓN

- $\alpha_{L_o}$  = ángulo de desviación en el punto de tangencia con la curva circular.
- $\Omega$  = ángulo entre las rectas tangentes a dos clotoides consecutivas en sus puntos de inflexión.
- V = vértice, punto de intersección de las rectas tangentes a dos clotoides consecutivas en sus puntos de inflexión.
- T = tangente, distancia entre el vértice y el punto de inflexión de una clotoide.
- B = bisectriz, distancia entre el vértice y la curva circular.

Y la longitud y parámetros mínimos de la curva de transición, deberán superar un valor mínimo establecidos según los siguientes criterios:

**Cuadro No. 6.19** Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal

La variación de la aceleración centrífuga no compensada por el peralte deberá limitarse a un valor  $J$  aceptable desde el punto de vista de la comodidad.

Suponiendo a efectos de cálculo que la clotoide se recorre a velocidad constante igual a la velocidad específica de la curva circular asociada de radio menor, el parámetro  $A$  en metros, deberá cumplir la condición siguiente:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{V_e \cdot R_0}{46,656 \cdot J} \cdot \left[ \frac{V_e^2}{R_0} - 1,27 \cdot \frac{(p_0 - p_1)}{\left(1 - \frac{R_0}{R_1}\right)} \right]}$$

Siendo:

- $V_e$  = velocidad específica de la curva circular asociada de radio menor (km/h).
- $J$  = variación de la aceleración centrífuga ( $m/s^2$ ).
- $R_1$  = radio de la curva circular asociada de radio mayor (m).
- $R_0$  = radio de la curva circular asociada de radio menor (m).
- $p_1$  = peralte de la curva circular asociada de radio mayor (%).
- $p_0$  = peralte de la curva circular asociada de radio menor (%).

lo que supone una longitud mínima ( $L_{\min}$ ) de la clotoide en metros dada por la expresión:

$$L_{\min} = \frac{V_e}{46,656 \cdot J} \cdot \left[ \frac{V_e^2}{R_0} - 1,27 \cdot \frac{(p_0 - p_1)}{\left(1 - \frac{R_0}{R_1}\right)} \right]$$

A efectos prácticos, se adoptarán para  $J$  los valores indicados en la tabla 4.5, debiendo sólo utilizarse los valores de  $J_{\max}$  cuando suponga una economía tal que justifique suficientemente esta restricción en el trazado, en detrimento de la comodidad.

TABLA 4.5.

$V_e$ (km/h)	$V_e < 80$	$80 < V_e < 100$	$100 < V_e < 120$	$120 < V_e$
$J$ ( $m/s^2$ )	0,5	0,4	0,4	0,4
$J_{\max}$ ( $m/s^2$ )	0,7	0,6	0,5	0,4

- Limitación de la variación de la pendiente transversal

A efectos de aplicación de la presente Norma, la variación de la pendiente transversal se limitará a un máximo del cuatro por ciento (4%) por segundo para la velocidad específica de la curva circular asociada de radio menor.

- Condiciones de percepción visual

Para que la presencia de una curva de transición resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir simultáneamente que:

- La variación de acimut entre los extremos de la clotoide sea mayor o igual que 1/18 radianes.
- El retranqueo de la curva circular sea mayor o igual que cincuenta centímetros (50 cm).

Es decir, se deberán cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$L_{\min} = \frac{R_0}{9} \Rightarrow A_{\min} = \frac{R_0}{3}$$

$$L_{\min} = 2 \sqrt{3 \cdot R_0} \Rightarrow A_{\min} = (12 \cdot R_0^3)^{1/4}$$

Siendo:  $L_{\min}$  = longitud (m).  
 $R_0$  = radio de la curva circular (m).

Por otra parte, se recomienda que la variación de acimut entre los extremos de la clotoide, sea mayor o igual que la quinta parte del ángulo total de giro entre las alineaciones rectas consecutivas en que se inserta la clotoide (figura 4.1).

Es decir:

$$L_{\min} = \frac{\pi \cdot \Omega}{500} \cdot R_0 \Rightarrow A_{\min} = R_0 \sqrt{\frac{\pi \cdot \Omega}{500}}$$

Siendo:  $L_{\min}$  = longitud (m).  
 $R_0$  = radio de la curva circular (m).  
 $\Omega$  = ángulo de giro entre alineaciones rectas (gon).

- Valores máximos

Se recomienda no aumentar significativamente las longitudes y parámetros mínimos obtenidos en el apartado 4.4.3 salvo expresa justificación en contrario. La longitud máxima de cada curva de acuerdo no será superior a una vez y media (1,5) su longitud mínima.

Relación entre radios consecutivos. Para garantizar la seguridad y homogeneidad en el trazado de la vía, es necesario definir unos umbrales máximos y mínimos en la concatenación de alineaciones circulares, que en coordinación con la velocidad de proyecto establecida, el tipo de vía y sus radios asociados, proporcione el adecuado confort y uniformidad en el recorrido de la misma.

Cuadro No. 6.20 Relación entre radios consecutivos grupo 1

TABLA 4.7. RELACIÓN ENTRE RADIOS CONSECUTIVOS - GRUPO 1

RADIO ENTRADA	RADIO SALIDA		RADIO ENTRADA	RADIO SALIDA	
	MÁXIMO	MÍNIMO		MÁXIMO	MÍNIMO
250	375	250	820	> 1720	495
260	390	250	840	> 1720	503
270	405	250	860	> 1720	510
280	420	250	880	> 1720	517
290	435	250	900	> 1720	524
300	450	250	920	> 1720	531
310	466	250	940	> 1720	537
320	481	250	960	> 1720	544
330	497	250	980	> 1720	550
340	513	250	1000	> 1720	556
350	529	250	1020	> 1720	561
360	545	250	1040	> 1720	567
370	562	250	1060	> 1720	572
380	579	253	1080	> 1720	578
390	596	260	1100	> 1720	583
400	614	267	1120	> 1720	588
410	633	273	1140	> 1720	593
420	652	280	1160	> 1720	598
430	671	287	1180	> 1720	602
440	692	293	1200	> 1720	607
450	713	300	1220	> 1720	611
460	735	306	1240	> 1720	616
470	758	313	1260	> 1720	620
480	781	319	1280	> 1720	624
490	806	326	1300	> 1720	628
500	832	332	1320	> 1720	632
510	859	338	1340	> 1720	636
520	887	345	1360	> 1720	640
530	917	351	1380	> 1720	644
540	948	357	1400	> 1720	648
550	981	363	1420	> 1720	651
560	1015	369	1440	> 1720	655
570	1051	375	1460	> 1720	659
580	1089	381	1480	> 1720	662
590	1128	386	1500	> 1720	666
600	1170	392	1520	> 1720	669
610	1214	398	1540	> 1720	672
620	1260	403	1560	> 1720	676
640	1359	414	1580	> 1720	679
660	1468	424	1600	> 1720	682
680	1588	434	1620	> 1720	685
700	1720	444	1640	> 1720	688
720	> 1720	453	1660	> 1720	691
740	> 1720	462	1680	> 1720	694
760	> 1720	471	1700	> 1720	697
780	> 1720	479	1720	> 1720	700
800	> 1720	488			

**Cuadro No. 6.20** Relación entre radios consecutivos grupo 2

**TABLA 4.8. RELACION ENTRE RADIOS CONSECUTIVOS - GRUPO 2**

RADIO ENTRADA	RADIO SALIDA MÁXIMO	RADIO SALIDA MÍNIMO	RADIO ENTRADA	RADIO SALIDA MÁXIMO	RADIO SALIDA MÍNIMO
50	75	50	360	> 670	212
60	90	50	370	> 670	216
70	105	50	380	> 670	220
80	120	53	390	> 670	223
90	135	60	400	> 670	227
100	151	67	410	> 670	231
110	166	73	420	> 670	234
120	182	80	430	> 670	238
130	198	87	440	> 670	241
140	215	93	450	> 670	244
150	232	100	460	> 670	247
160	250	106	470	> 670	250
170	269	112	480	> 670	253
180	289	119	490	> 670	256
190	309	125	500	> 670	259
200	332	131	510	> 670	262
210	355	137	520	> 670	265
220	381	143	530	> 670	267
230	408	149	540	> 670	270
240	437	154	550	> 670	273
250	469	160	560	> 670	275
260	503	165	570	> 670	278
270	540	171	580	> 670	280
280	580	176	590	> 670	282
290	623	181	600	> 670	285
300	670	186	610	> 670	287
310	> 670	190	620	> 670	289
320	> 670	195	640	> 670	294
330	> 670	199	660	> 670	298
340	> 670	204	680	> 670	302
350	> 670	208	700	> 670	306

Desarrollo de alineaciones circulares: En general, el desarrollo mínimo de una curva circular se corresponderá con una variación de azimut en sus extremos mayor de 20 gonios, pudiendo aceptarse valores entre 20 gonios y 9 gonios, y sólo excepcionalmente valores inferiores a 9 gonios.

En las carreteras C-80, C-60 y C-40 cuando se enlacen curvas circulares consecutivas con una recta intermedia de longitud superior a cuatrocientos metros (400 m), el radio de la curva circular de salida, en el sentido de la marcha, será igual o mayor que trescientos metros (300 m).

Las clotoídes contiguas a una alineación circular deberán ser simétricas siempre que sea posible.

En general no podrán unirse clotoídes entre sí, salvo en el caso de curvas en «S» en el que la unión se hará por sus puntos de inflexión.

Salvo en el caso que se indica en el párrafo siguiente, para curvas circulares de radio menor que cinco mil metros (5000 m) en carreteras del grupo 1 y dos mil quinientos metros (2500 m) en carreteras del grupo 2, será necesario utilizar curvas de transición, mientras que para curvas circulares de radios mayores o iguales que los indicados no será necesario utilizarlas.

En el caso de valores excepcionales de ángulos de giro entre rectas ( $\Omega$ ) inferiores a seis gonios (6 gon), para mejorar la percepción visual, se realizará la unión de las mismas mediante una curva circular, sin clotoídes, de radio tal que se cumpla:

$$D_c \geq 325 - 25 \cdot \Omega \quad (\text{Tabla 4.9})$$

Siendo:  $D_c$  = desarrollo de la curva (m).  
 $\Omega$  = ángulo entre las alineaciones rectas (gon).

TABLA 4.9.

ÁNGULO ENTRE LAS ALINEACIONES (gon)	6	5	4	3	2
DESARROLLO MÍNIMO DE LA CURVA CIRCULAR (m)	175	200	225	250	275
RADIO MÍNIMO (m)	2000	2500	3500	5500	9000

Para ángulos de giro entre rectas ligeramente superiores a seis gonios (6 gon), se comprobará siempre que la suma de las longitudes de las curvas de transición y de la curva circular, sea superior a los desarrollos mínimos indicados en la tabla 4.10.

TABLA 4.10.

DESARROLLO MÍNIMO DE LAS CURVAS (m)	175	200	225	250	275
RADIO MÍNIMO (m)	2000	2500	3500	5500	9000

El ángulo entre dos alineaciones rectas consecutivas no será inferior a dos gonios (2 gon).

#### **6.7.5.4.2. Intercambiador “y” tillales - planta**

Se trata de un intercambiador de tipo pesas, que incluye 10 ejes, los 4 ramales de entrada/salida del tronco, los dos redondeles en cada margen del tronco, el vial que los conecta como paso superior sobre el tronco, y tres viales más de conexión con las vías existentes en el entorno. Además, entroncan con los redondeles dos caminos agrícolas paralelos al tronco (ejes 201 y 251), uno en cada margen.

Esta tipología de intercambiador, resulta ideal por su sencillez para situaciones como la de este caso, en que se pretende conectar un tronco principal con una carretera y un viario adyacente, así como permitir los correspondientes cambios de sentido, propios de las inmediaciones de un núcleo urbano.

Los ejes que constituyen este grupo, son los siguientes:

Ejes 11-12, redondeles;

Ejes 13-16, ramales de entrada/salida del tronco;

Eje 17, vial entre redondeles (paso superior);

Ejes 18-20, resto de conexiones.

Los radios en planta de los distintos ramales corresponden con las características generales esbozadas en páginas anteriores, aunque algo superiores a las habituales, con radios en la zona de conexión con el tronco obligados por este, valores de 350 metros, superiores incluso a velocidad 80 Km/h, en la zona central de su recorrido, y radios de 40 metros en las entradas/salidas a los redondeles, para acomodar la velocidad de circulación al tránsito por estos.

Los redondeles responden a las características habituales de este tipo de ejes a lo largo de todo el proyecto, con radio de 40 metros, y el paso superior de conexión entre ellos, es una recta de algo más de 200 metros.

Eje 18: vial corto, de menos de 180 metros de longitud, para conexión estricta con vial cercano al redondel de la margen derecha, para acceso a la localidad de Tillales;

Sus características de trazado se ven obligadas por el entronque inicial y final con vial existente y redondel del intercambiador, y entre estos puntos, existe una alineación de enlace con pequeño grado de libertad, que toma un valor de 100 metros de radio, para velocidad ligeramente superior a 50 Km/h, que es una velocidad adecuada por el tipo de vías que conecta.

- Ejes 19 y 20, que representan conexiones con la carretera E-25:

- El eje 19 es un vial de corta longitud (menos también de 180 metros), que conecta el redondel del margen derecho con la carretera E-25, muy próxima a este, mediante una alineación de radio 200 metros, para velocidad superior a 60 Km/h.

- El eje 20 es un eje más largo (más de 700 metros), a causa de la mayor distancia del redondel del margen izquierdo a la conexión con la E-25, constituido por una sucesión de radios, que abarcan valores de 265 metros (velocidad 80 Km/h en las cercanías del entronque y zona media del vial, así como radios 50 metros en las cercanías del redondel, de modo que la velocidad de tránsito se vaya también adaptando a las condiciones en sus puntos extremos, en los entronques con la carretera E-25 por un lado, y con el redondel por el otro.

Hay que incidir además, en que dada la precariedad de la información con que se cuenta del proyecto en construcción a partir del PK 25+254,974, no podemos garantizar absolutamente, que el entronque de la continuación del proyecto anterior con este, concuerde perfectamente. En ese caso, los ramales que salen o llegan a ellos se verían igualmente afectados por el mismo problema.

A continuación, se adjunta una imagen ilustrativa de la zona del intercambiador, así como un listado resumen, con las características principales del grupo de ejes que lo constituyen:

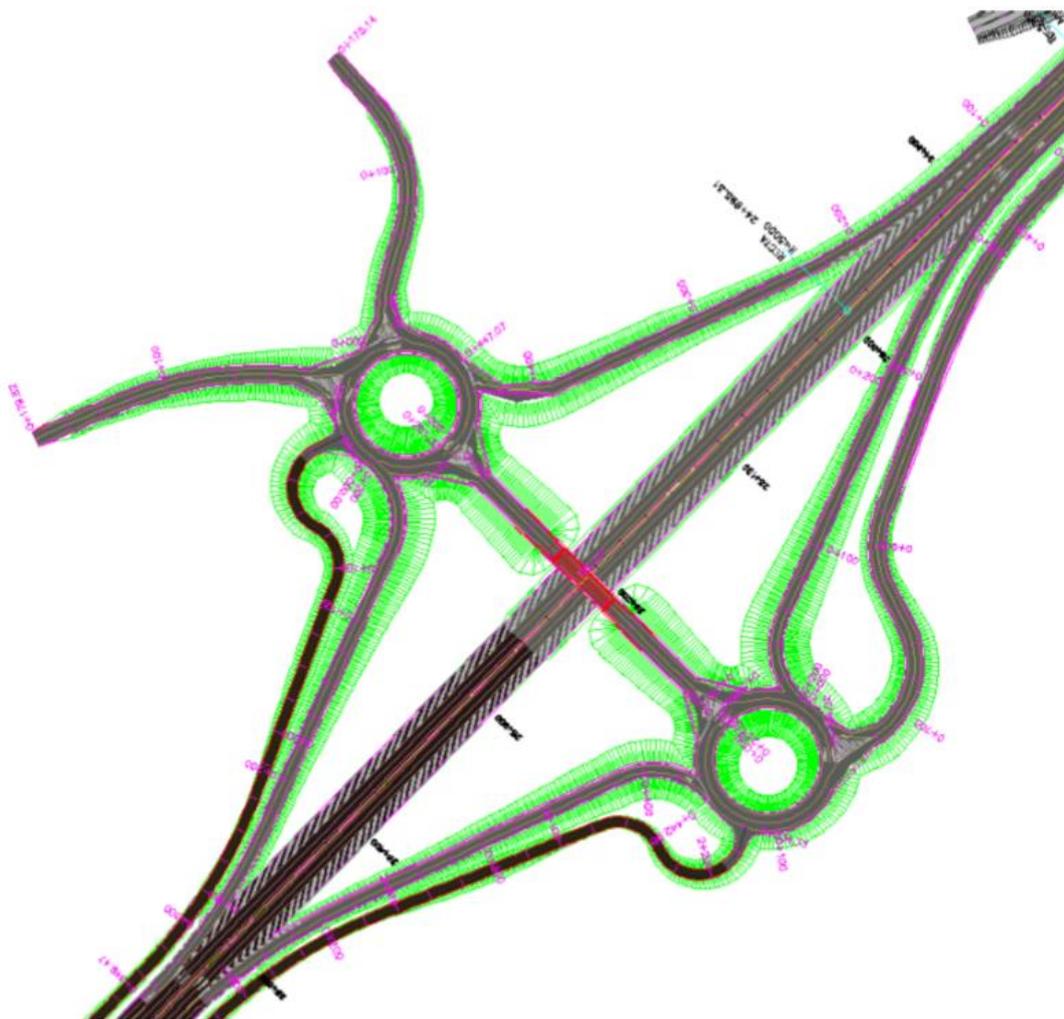


Gráfico No. 6.28. Planta del distribuidor de Tillales.

=====

\* \* \*                      RESUMEN DE CARACTERISTICAS                      \* \* \*

=====

=====

**GRUPO 2 : INTERCAMBIADOR YTILLALES**

=====

EJE 11 : Longitud	251.327	: Redondel Tillales margen izquierda
EJE 12 : Longitud	251.327	: Redondel Tillales margen derecha
EJE 13 : Longitud	447.070	: Ramal 1 Intercambiador Tillales
EJE 14 : Longitud	349.469	: Ramal 2 Intercambiador Tillales
EJE 15 : Longitud	442.882	: Ramal 3 Intercambiador Tillales
EJE 16 : Longitud	367.868	: Ramal 4 Intercambiador Tillales
EJE 17 : Longitud	208.623	: PS Tillales
EJE 18 : Longitud	175.139	: Entrada Y Tillales
EJE 19 : Longitud	179.818	: Reposición sur E-25
EJE 20 : Longitud	744.020	: Reposición Norte E-25

-----

LONGITUD TOTAL      3417.544

-----

**PLANTA** =====

Longitud en CURVA CIRCULAR	1753.130 m.	51.30%
Longitud en CLOTOIDE	378.901 m.	11.09%
Longitud en RECTA	1285.512 m.	37.62%
Longitud de La RECTA MAS LARGA	208.623 m.	
Longitud de La RECTA MAS CORTA	0.000 m.	
RADIO MAXIMO	4987.610 m.	Ve = 168.30 Km/h
RADIO MINIMO	40.000 m.	Ve = 40.60 Km/h
Total de CURVAS A LA DERECHA	12	
Total de CURVAS A LA IZQUIERDA	11	

**Cuadro No. 6.22** Resumen de características Distribuidor de Tillales

### 6.7.5.5. Trazado en alzado

#### 6.7.5.5.1. Características generales

El criterio de diseño es análogo al aplicado en planta: tronco al que se trata de aplicar firmemente los criterios de diseño ajustados a la norma 3.1-IC, y resto de ejes del proyecto, con los que es posible no actuar de forma tan estricta, y dónde se trata de aplicar criterios de la norma, pero relativos a velocidades menores y para carreteras convencionales (no calzadas separadas como en el tronco).

Esencialmente, la norma de trazado en alzado considera los siguientes aspectos:

- Pendiente longitudinal máxima en función de la consideración del tipo de terreno por el que se discurre y de la velocidad de proyecto;

Esencialmente, la norma de trazado en alzado considera los siguientes aspectos:

- Pendiente longitudinal máxima en función de la consideración del tipo de terreno por el que se discurre y de la velocidad de proyecto;
  - *Carreteras de calzadas separadas*

$V_p$ (km/h)	RAMPA (%)	PENDIENTE (%)
120	4	5
100	4	5
80	5	6

*Los valores anteriores podrán incrementarse en un uno por ciento (1%) en casos suficientemente justificados, y previa realización de un estudio económico de los costes de explotación. En el caso de que las calzadas se sitúen al mismo nivel, los valores máximos de la rasante, serán los indicados para rampa.*

- *Carreteras de calzada única*

- *Vías rápidas*

$V_p$ (km/h)	INCLINACIÓN MÁXIMA (%)	INCLINACIÓN EXCEPCIONAL (%)
100	4	5
80	5	6

*Cuando esté prevista una futura duplicación de calzada, sólo se considerará el valor de la inclinación máxima.*

- *Carreteras convencionales*

$V_p$ (km/h)	INCLINACIÓN MÁXIMA (%)	INCLINACIÓN EXCEPCIONAL (%)
100	4	5
80	5	7
60	6	8
40	7	10

*Los valores definidos como excepcionales, podrán incrementarse en un uno por ciento (1%) en casos suficientemente justificados, por razón del terreno (muy accidentado) o de baja intensidad de tráfico ( $IMD < 3000$ ).*

**Cuadro No. 6.23** Parámetros mínimos y recomendables de acuerdos verticales en función de la velocidad de proyecto.

La curva de acuerdo será una parábola de eje vertical (figura 5.1) de ecuación:

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot K_v}$$

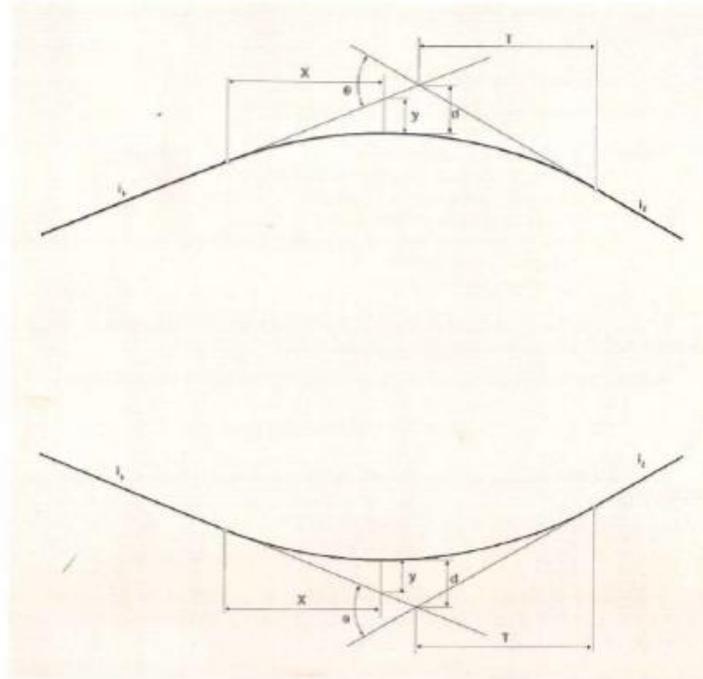


FIGURA 5.1. ACUERDOS VERTICALES

TABLA 5.1. PARÁMETROS MÍNIMOS Y DESEABLES DE ACUERDOS VERTICALES PARA VISIBILIDAD DE PARADA

$V_p$ (km/h)	MÍNIMO		DESEABLE	
	$K_v$ CONVEJO (m)	$K_v$ CÓNCAVO (m)	$K_v$ CONVEJO (m)	$K_v$ CÓNCAVO (m)
120	15276	6685	30780	9801
100	7125	4348	15276	6685
80	3050	2636	7125	4348
60	1085	1374	3050	2636
40	303	568	1085	1374

**Cuadro No. 6.24** Parámetros mínimos y deseables de acuerdos verticales para visibilidad d parada.

La longitud del acuerdo deberá ser mayor o igual a la velocidad de proyecto en metros.

Pendiente longitudinal mínima del 0,2% y recomendable del 0,5%;

- La longitud mínima entre vértices de acuerdos velocidad de proyecto, resulte al menos 10 segundos (este criterio no puede normalmente ser de aplicación en ramales o redondeles, sino tan sólo en troncos).

Además, es necesario explicar convenientemente una cuestión singular en cuanto a la rasante, que se da en numerosas ocasiones en diferentes tipos de proyectos, y que en este caso, se da en buena parte del tronco, así como en ciertos tramos de algunos otros ejes. En efecto, en ocasiones, la rasante puede venir determinada simplemente a través de una línea poligonal, formada por una sucesión de pequeños segmentos, sin acuerdos verticales, resultado de proyectar la de un tronco principal hacia unos ramales, o de la obtención de datos a partir de una cartografía.

Efectivamente, en el caso de las zonas de entronques entre ejes, durante un determinado espacio, el ramal debe su rasante y peraltes a las del tronco, que son proyectadas hacia él. Así, en los programas de trazado, esto se representa como una sucesión de datos discretos a una equidistancia dada (normalmente 10 metros), lo que finalmente se traduce por una línea poligonal en rasante y peraltes, que queda representada en los perfiles longitudinales.

Además, en otro contexto, en ocasiones un eje debe responder a la geometrización de una realidad dada, reflejada en la cartografía.

En lo que respecta al resto de ejes relativos a los intercambiadores (ramales de entrada/salida al tronco, redondeles, vial de conexión entre estos, conexiones con carreteras aledañas y vías de servicio), como ya se explicó al comienzo, están definidos en alzado atendiendo a las pautas reflejadas en la instrucción 3.1.I.C., pero sin requerirse su estricto cumplimiento, y bajo premisas de velocidad de proyecto siempre inferiores a las del tronco.

- Así, los parámetros definidos en los redondeles de los intercambiadores, están en todos los casos pensados para una velocidad no inferior a 40 Km/h, con algún caso dónde incluso se requieren parámetros relativamente amplios.

- Es de interés comentar también, las particularidades intrínsecas al diseño de redondeles, que son elementos singulares, con características muy diferenciadas del resto de tipos de viales. En principio, la mayoría de la bibliografía existente en

relación a redondeles, recomienda su definición según una de las dos siguientes tipologías:

Tipología 1: Rasante y peraltes tales, que el redondel quede perfectamente inscrito dentro de un plano inclinado, con línea de máxima pendiente menor del 3%, lo que genera un punto alto y un punto bajo hacia dónde se dirigirá todo el agua de la plataforma. Esta opción puede resultar especialmente interesante en las dos siguientes situaciones:

Cuándo el redondel se halla a media ladera, y se optimiza el movimiento de tierras colocando el punto alto del plano en la parte superior de la ladera, y el bajo en la parte inferior; o Cuando por cuestiones de drenaje resulta interesante evacuar toda el agua en un punto concreto.

Tipología 2: Rasante completamente horizontal, y peralte al 2% a lo largo de toda ella. Esta opción resulta más sencilla de cálculo y ejecución, y es de aplicación cuando no concurre ninguna de las circunstancias anteriores. Puede ser de especial comodidad y frecuencia de uso, en redondeles ubicados en pasos superiores, dónde su altura sobre el terreno garantiza evitar la aparición de corte, y así la evacuación de las aguas está garantizada sin problema alguno con esa caída del 2% al exterior. No obstante, de este modo se ocasiona un movimiento de tierras mayor.

- En este proyecto, con objeto especialmente de minimizar el movimiento de tierras, se ha tendido a tomar la tipología 1, con una pendiente del plano que normalmente toma valores de en torno al 3%, no alcanzándose en ningún caso valores superiores a este. En casi todos los casos, la pendiente del plano de cada redondel del mismo intercambiador será de sentido contrario.

- Además, la rasante de los redondeles junto a pasos superiores, se hallan definidos, de modo que su cota se encuentra normalmente entre uno y dos metros bajo la cota del vial que los une (paso superior), con idéntico propósito de minimizar el movimiento de tierras.

- Los viales entre redondeles, que representan el paso superior del intercambiador, constan generalmente de una alineación a la salida de cada redondel, con la pendiente del plano en que se hallan inscritos estos, así como una alineación central con pendiente reducida. Estas alineaciones se hallan enlazadas mediante los correspondientes acuerdos verticales, con parámetros y longitudes generalmente definidos para velocidad 40 Km/h, salvo alguna excepción puntual.

- Así, la velocidad de proyecto por los redondeles y el vial de conexión entre ellos, puede considerarse por regla general de 40 Km/h.

A continuación, se resumen las características fundamentales del trazado en alzado del tronco

```

=====
GRUPO 1 : Tronco
=====
EJE 1 : Longitud 68601.804 : TRONCO
-----
LONGITUD TOTAL 68601.804
-----
-----
ALZADO =====
Longitud Total 6005.219 m. (DER+IZQ para Rasantes distintas)
Longitud en RAMPA/PENDIENTE 2683.275 m. 44.68%
Longitud en ACUERDO VERTICAL 3321.944 m. 55.32%
Longitud en RAMPA 1293.339 m. 21.54%
Longitud en PENDIENTE 1389.936 m. 23.15%
PENDIENTE MAXIMA 6.80 %
PENDIENTE MINIMA 0.09 %
PENDIENTE MEDIA PONDERADA 1.25 %
P x L 75.056 m.
RAMPA o PENDIENTE MAS CORTA 0.000 m. entre vertices
PEND. MAS LARGA A LA PEND. MAXIMA 0.159 m. pen= 6.80%
RAMPA MAS LARGA A LA PEND. MAXIMA 5.684 m. pen= -3.80%
Acuerdo Concavo MAXIMO 95000.000
Acuerdo Concavo MINIMO 1375.000
Acuerdo Convexo MAXIMO 31000.000
Acuerdo Convexo MINIMO 1111.111
P x L 75.056 m.
Acuerdo Concavo de LONGITUD MINIMA 80.500 m.
Acuerdo Convexo de LONGITUD MINIMA 70.000 m.
Número de tramos 24
Longitud Tramo mínimo 0.000
Longitud Tramo máximo 376.004
Total de Acuerdos cóncavos 9
Total de Acuerdos convexos 10
-----

```

**Cuadro No. 6.25** Resumen de características Distribuidor de Tillales alzado.

### **6.7.5.5.2. Intercambiador “y” tillales - vertical**

Los ejes que constituyen este grupo, son los siguientes:

- Ejes 11-12, redondeles;
- Ejes 13-16, ramales de entrada/salida del tronco;
- Eje 17, vial entre redondeles (paso superior);
- Ejes 18-20, resto de conexiones.

Los ejes 11 y 12 (redondeles), se hallan definidos según la tipología 1 para redondeles, que consiste en inscribirlo dentro de un plano, con una pendiente dada, que en este caso toma un valor del 3%, y de tal forma, que el punto alto en cada caso, quede situado en la zona de conexión entre cada redondel y el vial de conexión entre ambos (eje 17), facilitando la definición del alzado de este. Además, la cota del redondel trata de definirse a media altura entre el nivel del terreno y la cota del paso superior, para minimizar los movimientos de tierras.

El eje 17 de conexión entre redondeles, se halla obligado en sus puntos extremos por la necesidad de entroncar con estos. Entre ellos, se definen tres alineaciones:

- Una de salida de cada redondel, de pendiente relativamente elevada (en este caso 4,5%), y acuerdos superiores a 20 metros de longitud, lo que resulta obligado al partir de la cota más baja del redondel, y deber llegar a la cota del paso superior;
- Entre ellas, una de enlace, con pendiente del -0.5%, que conecta el paso superior en sí con la anterior y posterior, mediante acuerdos verticales de longitud 40 metros.

Así, todo ello en conjunto, constituyen parámetros adecuados para la velocidad de circulación en este tipo de vial, inferior a 40 Km/h en el paso superior en sí, e incluso menor en las entrada y salida del redondel, lo que representa una velocidad suficiente para la tipología de vial de que se trata.

El gálibo libre mínimo que deja el paso superior de este intercambiador sobre el tronco, es mayor que 5.50 metros.

Además, como elemento singular, los ejes 13-16, ramales de conexión entre redondeles y tronco, constan en su rasante de tramos de la misma, compuestos por la sucesión de una serie de pequeños segmentos concatenados directamente, que son procedentes de la conexión con el tronco de autovía, en la zona en que ellos se produce, y derivados de proyectar estos como una sucesión de datos discretos hacia el ramal.

Asimismo, deben poseer una definición en alzado consecuente con su función, y similar a la explicada ya en el apartado de planta, de modo que las pendientes y acuerdos permitan efectuar con la suficiente comodidad la transición entre las condiciones de marcha en el tronco de autovía y el redondel. No obstante, en este caso no es necesario considerar tantos factores como resultaba necesario allí, y con asegurar una pendiente máxima y unos acuerdos verticales mínimos, resulta suficiente.

En todos los casos, existen dos acuerdos verticales en cada eje: uno inmediatamente anterior/posterior a la zona adyacente al redondel, del que se parte o accede respectivamente. Y otro inmediatamente anterior/posterior a la zona adyacente al entronque con la autovía, de la que se entra o sale respectivamente.

Así, se debe conjugar en todos los casos un valor de pendiente que enlaza las alineaciones derivadas de los entronques, con los dos acuerdos a proyectar. El resultado es el siguiente:

- Valores de pendientes máximas que oscilan entre el 3% y 4%. - Valores de acuerdos de salida/entrada a los redondeles (se trata siempre de acuerdos convexos), que superan siempre muy ampliamente el parámetro 303 mínimo para velocidad 40 Km/h, y alcanzan siempre los 40 metros de longitud. - Valores de acuerdos de salida/entrada al tronco (se trata siempre de acuerdos cóncavos), que superan el parámetro 2636 mínimo para velocidad 80 Km/h, y alcanzan un mínimo de 80 metros de longitud.

Por último, podemos resumir la definición en alzado de los tres restantes ejes de conexión con el viario adyacente, de la siguiente manera:

- Valores de pendientes máximas que oscilan entre el 3% y 3,5%. - Valores de acuerdos de salida/entrada a los redondeles (se trata siempre de acuerdos convexos), que superan siempre muy ampliamente el parámetro 303 mínimo para velocidad 40 Km/h, y alcanzan siempre los 40 metros de longitud. - Valores de los restantes acuerdos, que superan siempre el parámetro mínimo para velocidad 60 Km/h (1085 en convexos y 1374 en cóncavos) y los 60 metros de longitud. En el eje 20, se alcanzan además siempre los 80 metros de longitud.

A continuación, se muestra un listado resumen con las características principales del trazado en alzado, aunque hay que tener en cuenta, que dada la naturaleza singular de los tramos de rasante proyectados como sucesión de segmentos, diversos datos reflejados en él, no son absolutamente representativos.

***** RESUMEN DE CARACTERISTICAS *****		
=====		
GRUPO 2 : INTERCAMBIADOR YTILLALES		
=====		
EJE 11 : Longitud	251.327	: Redondel Tillales margen izquierda
EJE 12 : Longitud	251.327	: Redondel Tillales margen derecha
EJE 13 : Longitud	447.070	: Ramal 1 Intercambiador Tillales
EJE 14 : Longitud	349.469	: Ramal 2 Intercambiador Tillales
EJE 15 : Longitud	442.882	: Ramal 3 Intercambiador Tillales
EJE 16 : Longitud	367.868	: Ramal 4 Intercambiador Tillales
EJE 17 : Longitud	208.623	: PS Tillales
EJE 18 : Longitud	175.139	: Entrada Y Tillales
EJE 19 : Longitud	179.818	: Reposición sur E-25
EJE 20 : Longitud	744.020	: Reposición Norte E-25
-----		
LONGITUD TOTAL	3417.544	
-----		
ALZADO		
=====		
Longitud Total	3411.817 m.	(DER+IZQ para Rasantes distintas)
Longitud en RAMPA/PENDIENTE	1596.703 m.	46.80%
Longitud en ACUERDO VERTICAL	1815.114 m.	53.20%
Longitud en RAMPA	606.869 m.	17.79%
Longitud en PENDIENTE	989.834 m.	29.01%
PENDIENTE MAXIMA	4.50 ‰	
PENDIENTE MINIMA	0.04 ‰	
PENDIENTE MEDIA PONDERADA	2.05 ‰	
P x L	69.785 m.	
RAMPA o PENDIENTE MAS CORTA	5.253 m.	entre vertices
PEND. MAS LARGA A LA PEND. MAXIMA	26.923 m.	pen= 4.50%
RAMPA MAS LARGA A LA PEND. MAXIMA	17.803 m.	pen= -4.50%
Acuerdo Concavo MAXIMO	4500.000	
Acuerdo Concavo MINIMO	307.677	
Acuerdo Convexo MAXIMO	17297.110	
Acuerdo Convexo MINIMO	571.429	
P x L	69.785 m.	
Acuerdo Concavo de LONGITUD MINIMA	20.000 m.	
Acuerdo Convexo de LONGITUD MINIMA	40.000 m.	
Número de tramos	88	
Longitud Tramo mínimo	1.167	
Longitud Tramo máximo	105.680	
Total de Acuerdos cóncavos	13	
Total de Acuerdos convexos	13	

**Cuadro No. 6.26** Resumen de características Distribuidor de Tillales alzado del distribuidor.

#### **6.7.5.6. Coordinación planta/alzado**

La coordinación entre la planta y alzado proyectados, resulta también un elemento importante a vigilar, para conseguir la adecuada comodidad y seguridad en un trazado, especialmente en el tronco de toda obra de carreteras.

No obstante, siempre no es posible cumplir estrictamente con las recomendaciones a tal efecto, y al menos, se deberá asegurar a criterio del proyectista esta coordinación en adecuado grado, para que resulte suficiente, y no se produzca un empeoramiento palpable de las condiciones de conducción, que vinieran derivadas de los independientes cumplimientos de la norma en planta y alzado.

Las premisas principales a vigilar, son las siguientes:

- Evitar cambios de curvatura en planta dentro de un acuerdo vertical.
- Evitar la sucesión de dos acuerdos en la misma alineación, o en general, evitar que se puedan percibir dos o más acuerdos a la vez;
- En todo momento, la línea de máxima pendiente, resultado de combinar peralte y pendiente longitudinal, debe siempre ser mayor que 0.5% (especialmente comprometido resulta por tanto, la localización de los puntos de inflexión en planta, dónde el peralte es nulo).

No obstante, en lo que respecta al tronco, en este caso, nosotros no tenemos posibilidad de vigilar estas cuestiones más que en las actuaciones puntuales reseñadas, dándose incluso la circunstancia, de que existen actuaciones en que intervenimos exclusivamente en alzado, por lo que nuestra posibilidad de controlar estos aspectos allí se ve claramente limitada, al no poder interactuar también sobre el diseño en planta.

Como ya sucedía en cuanto a los criterios independientes de planta y alzado, los condicionantes de coordinación planta-alzado se pueden relajar en el resto de ejes que no corresponden estrictamente al tronco.

La coordinación entre la planta y alzado proyectados, resulta también un elemento importante a vigilar, para conseguir la adecuada comodidad y seguridad en un trazado, especialmente en el tronco de toda obra de carreteras.

No obstante, siempre no es posible cumplir estrictamente con las recomendaciones a tal efecto, y al menos, se deberá asegurar a criterio del proyectista esta coordinación en adecuado grado, para que resulte suficiente, y no se produzca un empeoramiento palpable de las condiciones de conducción, que vinieran derivadas de los independientes cumplimientos de la norma en planta y alzado.

Las premisas principales a vigilar, son las siguientes:

- Evitar cambios de curvatura en planta dentro de un acuerdo vertical.
- Evitar la sucesión de dos acuerdos en la misma alineación, o en general, evitar que se puedan percibir dos o más acuerdos a la vez;
- En todo momento, la línea de máxima pendiente, resultado de combinar peralte y pendiente longitudinal, debe siempre ser mayor que 0.5% (especialmente comprometido resulta por tanto, la localización de los puntos de inflexión en planta, dónde el peralte es nulo).

No obstante, en lo que respecta al tronco, en este caso, nosotros no tenemos posibilidad de vigilar estas cuestiones más que en las actuaciones puntuales reseñadas, dándose incluso la circunstancia, de que existen actuaciones en que intervenimos exclusivamente en alzado, por lo que nuestra posibilidad de controlar estos aspectos allí se ve claramente limitada, al no poder interactuar también sobre el diseño en planta.

Como ya sucedía en cuanto a los criterios independientes de planta y alzado, los condicionantes de coordinación planta-alzado se pueden relajar en el resto de ejes que no corresponden estrictamente al tronco.

#### **6.7.5.7. Sección transversal**

La sección transversal define la posición de los diferentes elementos de la plataforma, y por tanto, acaba de definir totalmente el trazado.

La variabilidad de la sección transversal respecto a las secciones tipo es debida a dos cuestiones, la variación de pendientes transversales y la variación de la anchura de cada uno de sus elementos.

La definición de la sección transversal debe tener en consideración varias condiciones, como la capacidad de la vía, el coste que ocasiona las expropiaciones, su construcción y conservación y finalmente el coste de la explotación, que redunda tanto en la fluidez como en la seguridad de circulación.

CLASE DE CARRETERA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	CARRILES (m)	ARCÉN (m)		BERMAS (m)		NIVEL DE SERVICIO EN LA HORA DE PROYECTO DEL AÑO HORIZONTE
			EXTERIOR	INTERIOR	MÍNIMO	MÁXIMO ****	
De calzadas separadas	120	3,5	2,5	1,0-1,5 *	0,75	1,5	C
	100	3,5	2,5	1,0-1,5 *	0,75	1,5	D
	80	3,5	2,5	1,0	0,75	1,5	D

\* El valor 1,5 se exigirá para medianas en las que, de forma continuada, la barrera esta adosada al arc

\*\*\*\* Salvo justificación en contrario (visibilidad, sistemas de contención de vehículos, etc.).

Nota: El nivel de servicio se definirá de acuerdo con el Manual de Capacidad.

CLASE DE CARRETERA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	CARRILES (m)	ARCÉN (m)		BERMAS (m)		NIVEL DE SERVICIO EN LA HORA DE PROYECTO DEL AÑO HORIZONTE
			EXTERIOR	INTERIOR	MÍNIMO	MÁXIMO ****	
Vías rápidas	100	3,5	2,5		0,75	1,5	C
	80	3,5	2,5		0,75	1,5	D
De calzada única Carreteras convencionales	100	3,5	1,5 - 2,5		0,75	1,5	D
	80	3,5	1,5 ***		0,75 **	1,5 **	D
	60	3,5	1,0 - 1,5 ***		0,75 **	1,5 **	E
	40 IMD ≥ 2000	3,5	0,5		-	-	E
	40 IMD < 2000	3,0	0,5		-	-	E

\* El valor 1,5 se exigirá para medianas en las que, de forma continuada, la barrera esté adosada al arcén.

\*\* Para carreteras en terreno muy accidentado y con baja intensidad de tráfico (IMD < 3000) se podrá justificar la ausencia o reducción de berma.

\*\*\* Para carreteras en terreno muy accidentado, o con baja intensidad de tráfico (IMD < 3000) se podrá reducir de forma justificada la dimensión del arcén en 0,5 metros como máximo.

\*\*\*\* Salvo justificación en contrario (visibilidad, sistemas de contención de vehículos, etc).

NOTA: El nivel de servicio se definirá de acuerdo con el Manual de Capacidad.

**Cuadro No. 6.27** Parámetros de sección transversal.

### 6.7.5.8. Calzadas tronco principal

La calzada es la parte de la carretera destinada a la circulación de los vehículos. El número de carriles de cada calzada va en función de la previsión de la intensidad y composición del tráfico previsible en la hora de proyecto del año horizonte, así como del nivel de servicio deseado y, en su caso, de los estudios económicos pertinentes.

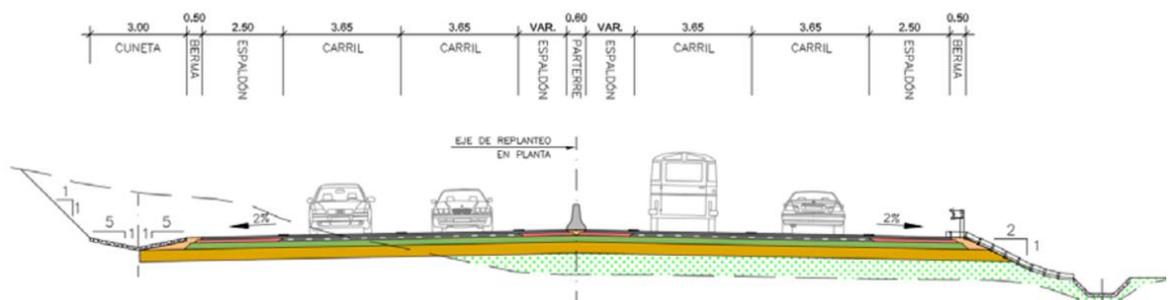
Además, se producen pérdidas o ganancia de carriles adicionales, a causa de las siguientes causas:

- Cuñas de aceleración y deceleración directa en las conexiones de los caminos con el tronco; - Sobreanchos transferidos al tronco desde los ramales/vías de servicio que entran/salen de él, pues hasta la denominada sección de un metro, en que borde de calzada exterior de tronco, e interior de ramal, se hallan separadas un metro, se considera que el ramal forma parte aún del tronco, y por eso al tronco experimenta un sobreancho adicional, derivado de absorber el ancho del ramal, y con objeto además de definir hasta ese punto, la misma sección de firme en el ramal que posee el tronco.

En este proyecto, el ancho del tronco resulta impuesto, sin que resulte competencia del equipo redactor de este proyecto su definición, a excepción del tramo inicial, entre el PK 24+500 y 25+254,97, transición entre el tramo anterior y el comienzo del proyecto actualmente en ejecución. Así, encontramos los siguientes tramos:

TRAMO	NÚMERO DE CARRILES	ANCHO POR CARRIL
24+500-25+254,97	2-3	3,65

A continuación, se adjunta figura ilustrativa de la sección completa del tronco, tomando como referencia uno de los tramo dónde consta únicamente de dos carriles.



**Gráfico No. 6.30.** Detalle de sección transversal

#### **6.7.5.8.1. Espaldones**

La Norma 3.1-IC establece en su punto 7.3.1. la dimensión de los elementos que forman la sección tipo según la clasificación de carreteras dispuesta al inicio del documento. No obstante, en este caso la definición se halla ya obligada por las condiciones del proyecto en construcción, resultando ligeramente variables, de la siguiente manera:

- Espaldón exterior: 2,5 m
- Espaldón interior: 1,2 - 1,5 m

La pendiente transversal en los espaldones de las curvas circulares coincide con el peralte de la curva cualquiera que sea el valor utilizado, y en recta coincidirá con el bombeo de la calzada.

#### **6.7.5.8.2. Bermas**

Las bermas tienen por objeto procurar el espacio suficiente, a modo de banda longitudinal, para la instalación de barreras de seguridad (guardavías), señalización y elementos de sustentación de señalización (paneles) de mensajería variable.

De acuerdo con la Norma 3.1-IC las dimensiones de las bermas van en función de la velocidad de proyecto y el tipo de vía.

En recta la pendiente transversal de las bermas es de un 4%.

Las bermas tendrán una pendiente transversal en curva del 4% hacia el exterior de la plataforma. Cuando el peralte supere el 4%, en la berma del lado interior de la curva, la pendiente transversal coincidirá con el peralte, manteniéndose el 4% hacia fuera en el lado exterior de la curva.

### **6.7.5.8.3. Peraltes**

La definición de los peraltes de la calzada, depende también de la velocidad de proyecto y de la categoría de la vía considerada. Por tanto, se ha proyectado una ley de peraltes para un vía encuadrada dentro de las del grupo 1 de las establecidas en la norma 3.1.-IC de Trazado de Diciembre de 1999, como vía de alta capacidad.

Estos cálculos son de aplicación exclusivamente a los tramos de estricta competencia de este proyecto.

En numerosas ocasiones, se han debido llevar a cabo conexiones de ramales de nueva construcción con el tronco o viales existentes, dónde ha sido necesario obtener el peralte en la calzada actual, para poder proyectarlo hacia la que debe entroncar con ella. Este ha sido el proceso seguido en todos los entronques dónde la cartografía refleja la calzada terminada, por lo que se considera que el procedimiento seguido es adecuado.

Sin embargo, en otros casos dónde esto no sucede, encontramos el mismo problema que ya se explicó en los apartados de planta y alzado, y dadas las carencias o absoluta inexistencia de datos del proyecto en construcción, la necesaria proyección de los peraltes del tronco hacia los ramales, ha debido ser estimada. Obviamente, ello conlleva un grado de incertidumbre, e implica una menor garantía de que los datos e información existente en el presente proyecto, puedan ser llevados a obra directamente con la máxima certidumbre.

A continuación se incluye el correspondiente extracto de la norma de referencia, dónde se especifican las instrucciones para efectuar los correspondientes cálculos.

### 4.3.3. CARACTERÍSTICAS

La velocidad, el radio, el peralte y el coeficiente de rozamiento transversal movilizado se relacionarán mediante la fórmula:

$$V.^2 = 127 \cdot R \cdot (f_1 + p/100)$$

Siendo: V. = velocidad (km/h).  
 R = radio de la circunferencia (m).  
 f<sub>1</sub> = coeficiente de rozamiento transversal movilizado.  
 p = peralte (%).

Para toda curva circular en el tronco de la calzada, con el peralte que le corresponde según se indica en el apartado 4.3.2, se cumplirá que, recorrida la curva circular a velocidad igual a la específica, no se sobrepasarán los valores de f<sub>1</sub> de la tabla 4.2.

TABLA 4.2.

V. (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
f <sub>1</sub>	0,180	0,166	0,151	0,137	0,122	0,113	0,104	0,096	0,087	0,078	0,069	0,060

En las tablas 4.3 y 4.4 se incluye la relación entre los radios y peraltes correspondientes a diferentes velocidades específicas. La utilización sistemática de curvas circulares cuya velocidad específica coincida con la velocidad de proyecto se justificará adecuadamente.

TABLA 4.3. RELACION VELOCIDAD ESPECIFICA - RADIO - PERALTE PARA AUTOPISTAS, AUTOVIAS, VIAS RAPIDAS Y CARRETERAS C-100 (GRUPO 1)

VELOCIDAD ESPECIFICA (km/h)	RADIO (m)	PERALTE (%)
80	250	8,00
85	300	8,00
90	350	8,00
95	400	8,00
100	450	8,00
105	500	8,00
110	550	8,00
115	600	8,00
120	700	8,00
125	800	7,51
130	900	6,97
135	1050	6,25
140	1250	5,49
145	1475	4,84
150	1725	4,29

Cuadro No. 6.28 Parámetros de peraltes.

#### 6.7.5.8.4. Cunetas

Una cuneta es una zanja longitudinal abierta en el terreno junto a la plataforma.

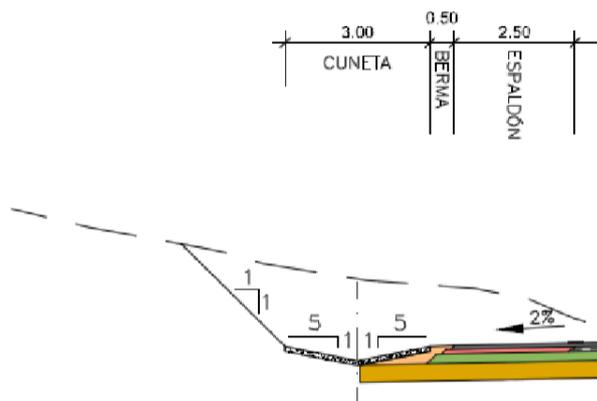
Se adoptan los siguientes criterios técnicos:

- La cuneta tendrá igual pendiente longitudinal que la rasante de la carretera, salvo que se estime necesario ceñirse más al terreno o modificar dicha pendiente para mejorar la capacidad de desagüe.
- La inclinación de los taludes de las cunetas en cortes, tanto en el talud contiguo como en el opuesto a la vía será el 1V/1H y sus aristas están redondeadas con un radio mínimo de 10 m.
- La cuneta nace de la berma exterior.

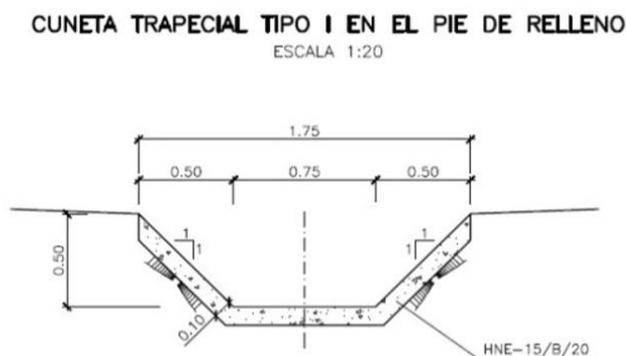
En este proyecto, aunque el tronco se encuentra mayoritariamente en relleno, con las ampliaciones de plataforma ocasionadas por algunos carriles de cambio de velocidad en los intercambiadores, así como por la duplicación del tramo entre Arenillas y Chacras, se da origen a algún tramo no muy prolongado en corte.

Así, encontramos dos tipos de cuneta:

**Gráfico No. 6.31** Cuneta triangular en corte;



**Gráfico No. 6.32** Cuneta trapezoidal en pie de relleno.



En este caso, dadas las reducidas dimensiones del parterre, se la circunstancia particular de que no existirá cuneta de parterre, como es habitual en vías de este tipo.

#### **6.7.5.8.5. Taludes de corte y relleno**

Los taludes de corte y relleno, van en función de la litología del terreno. En el tronco nos encontramos una misma caracterización a lo largo del recorrido de toda la traza:

- Corte: 1V/1H;
- Relleno: 1V/2H.

#### **6.7.5.8.6. Parterre y pasos de parterre**

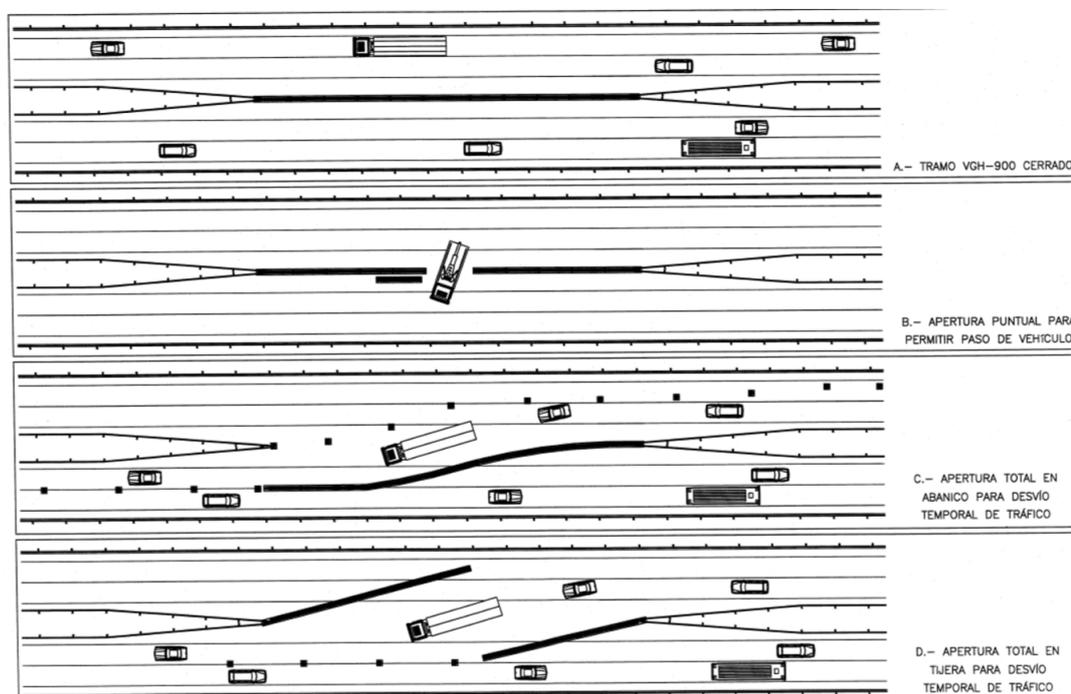
En el Reglamento General de Carreteras del Ministerio de Fomento de España y la Norma 3.1-IC del mismo organismo, se define la mediana (asimilable al termino parterre en Ecuador) como “la franja longitudinal situada entre dos plataformas separadas, no destinada a la circulación”, ya que, por otro lado, el espaldón está destinado al uso de vehículos automóviles en circunstancias excepcionales, se deduce que el parterre comprende los espaldones interiores.

El parterre aumenta la seguridad y sirve para evitar deslumbramientos mediante plantaciones o paneles adecuados.

Por otro lado, en previsión de desvíos del tráfico de una a otra calzada de la vía de alta capacidad (con restricciones en su diseño), se deberán practicar a través del parterre, y a intervalos aproximadamente de unos 2 km (sin considerar los intercambiadores), los correspondientes pasos de parterre, que se hallarán cerrados, sin posibilidad de apertura por parte de los usuarios.

Dichos pasos tendrán una longitud libre de 40 m y se encuentran abocinados a ambos lados en una longitud de 60 metros.

Gráfico No. 6.33 Parterre y pasos de parterre



### 6.7.5.9. Calzadas intercambiadores

Los diferentes ejes que componen los intercambiadores, constan de calzadas con las siguientes características:

TIPO DE VIA	NÚMERO DE CARRILES	ANCHO POR CARRIL
RAMAL*	1	4,00
REDONDEL	2	4,50
VIAL DE CONEXIÓN	2	3,50
VÍA DE SERVICIO TIPO I**	2	3,50
PASO SUPERIOR	2	3,50

\*Los ramales sufren una transición entre 4 y 3,65 metros en las inmediaciones de la zona de conexión con el tronco, para adoptar el ancho de los carriles de este.

\*\*La vía de servicio derecha en el intercambiador de Puerto Jeli-Santa Rosa Sur/Aeropuerto, ve disminuido su ancho de carril a 3,00 metros para evitar la afección al cementerio existente.

CUADRO No. 6.29 Calzadas intercambiadores

#### 6.7.5.9.1. Bermas y espaldones

Los diferentes ejes que componen los intercambiadores, constan de las siguientes

características:

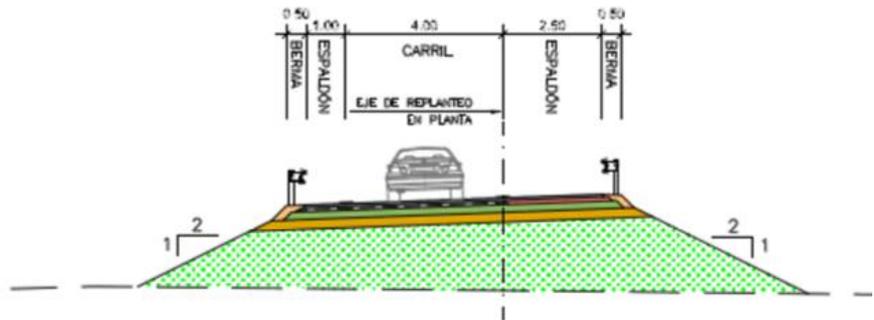
TIPO DE VIA	BERMA DERECHA	BERMA IZQUIERDA	ESPALDÓN DERECHO	ESPALDÓN IZQUIERDO
RAMAL	0,50	0,50	1,00	2,50
REDONDEL	0,50	0,50	1,00	1,50
VIAL DE CONEXIÓN	0,50	0,50	1,50	1,50
VÍA DE SERVICIO TIPO I**	-	-	0,50	0,50
PASO SUPERIOR	0,50	0,50	1,50	1,50

\*\*Las bermas tipo II en el intercambiador de Puerto Jeli-Santa Rosa Sur/Aeropuerto, no tienen berma por la izquierda, pues existe terciaria entre ella y el tronco.

**CUADRO No. 6.30** Características de bermas y espaldones.

A continuación, se incluyen diversas figuras, con la sección tipo de cada uno de los tipos de viales reseñados.

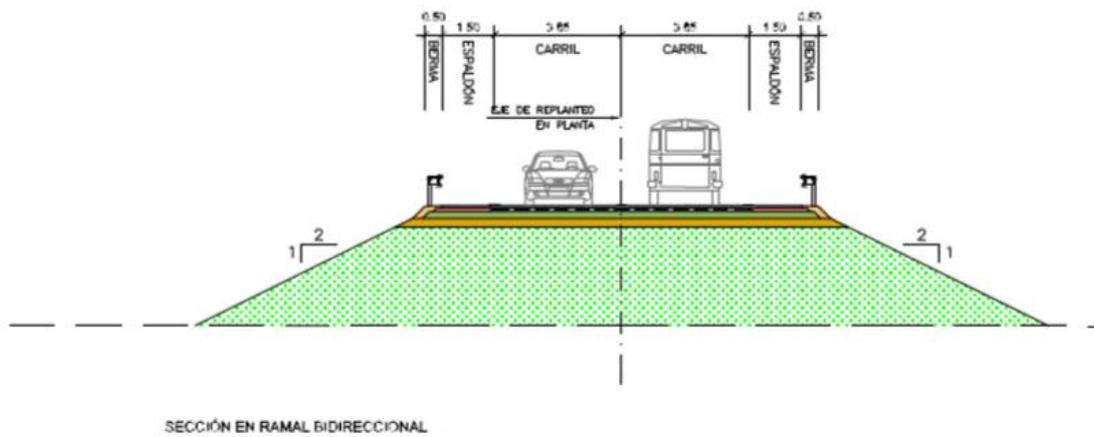
Ramal Unidireccional



SECCIÓN EN RAMAL UNIDIRECCIONAL

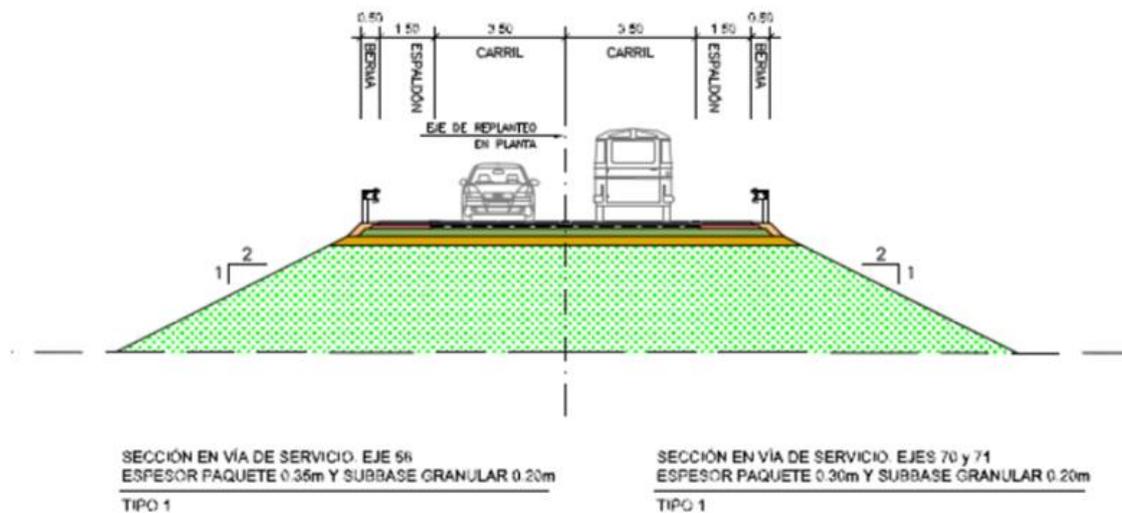
**Gráfico No. 6.34** Sección típica ramal unidireccional

Conexiones y pasos superiores



**Gráfico No. 6.35** Sección típica conexiones y pasos superiores.

Vía de servicio tipo I



**Gráfico No. 6.36** Sección típica vía de servicio tipo I.

## Redondeles

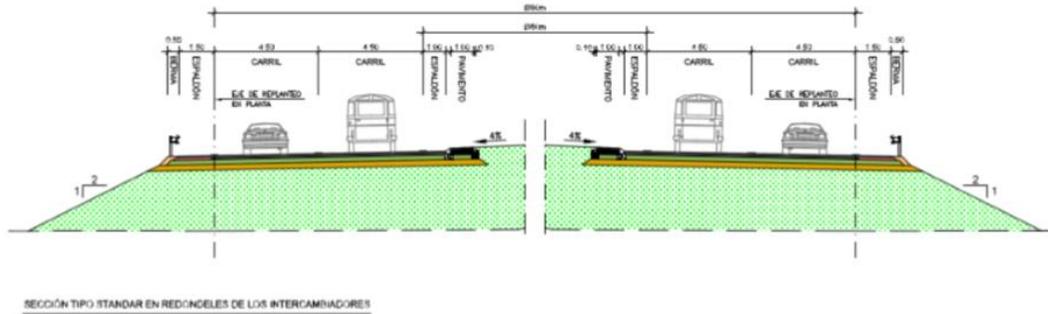


Gráfico No. 6.37 Sección típica Redondeles

### 6.7.5.9.2. Peraltes

La definición de los peraltes de la calzada, depende también de la velocidad de proyecto y de la categoría de la vía considerada. Por tanto, para todos los ejes comprendidos en los intercambiadores, se ha proyectado leyes de peraltes para vías encuadradas dentro de las del grupo 2 de las establecidas en la norma 3.1.-IC de Trazado de Diciembre de 1999.

En numerosas ocasiones, se han debido llevar a cabo conexiones de ramales de nueva construcción con el tronco o viales existentes, dónde ha sido necesario obtener el peralte en la calzada actual, para poder proyectarlo hacia la que debe entroncar con ella. Este ha sido el proceso seguido en todos los entronques dónde la cartografía refleja la calzada terminada, por lo que se considera que el procedimiento seguido es adecuado.

Sin embargo, en otros casos dónde esto no sucede, encontramos el mismo problema que ya se explicó en los apartados de planta y alzado, y dadas las carencias o absoluta inexistencia de datos del proyecto en construcción, la necesaria proyección de los peraltes del tronco hacia los ramales, ha debido ser estimada. Obviamente, ello conlleva un grado de incertidumbre, e implica una menor garantía de que los datos e información existente en el presente proyecto, puedan ser llevados a obra directamente con la máxima certidumbre.

A continuación se incluye el correspondiente extracto de la norma de referencia, dónde se especifican las instrucciones para efectuar los correspondientes cálculos

#### 4.3.1. GENERALIDADES

Fijada una cierta velocidad de proyecto, el radio mínimo a adoptar en determinará en función de:

- El peralte y el rozamiento transversal movilizado.
- La visibilidad de parada en toda su longitud.
- La coordinación del trazado en planta y alzado, especialmente para el do (ver capítulo 6).

#### 4.3.2. RADIOS Y PERALTES

A efectos de aplicación de la presente Norma, el peralte (p) se establece los siguientes criterios:

Grupo 1) Autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100:

$$\begin{aligned} 250 \leq R \leq 700 &\rightarrow p = 8 \\ 700 \leq R \leq 5000 &\rightarrow p = 8 - 7,3 \cdot (1 - 700/R)^{1,3} \\ 5000 \leq R < 7500 &\rightarrow p = 2 \\ 7500 \leq R &\rightarrow \text{Bombeo} \end{aligned}$$

Grupo 2) Carreteras C-80, C-60 y C-40:

$$\begin{aligned} 50 \leq R \leq 350 &\rightarrow p = 7 \\ 350 \leq R \leq 2500 &\rightarrow p = 7 - 6,08 \cdot (1 - 350/R)^{1,3} \\ 2500 \leq R < 3500 &\rightarrow p = 2 \\ 3500 \leq R &\rightarrow \text{Bombeo} \end{aligned}$$

Siendo: R = radio de la curva circular (m).

p = peralte (%).

### 4.3.3. CARACTERÍSTICAS

La velocidad, el radio, el peralte y el coeficiente de rozamiento transversal movilizado se relacionarán mediante la fórmula:

$$V.^2 = 127 \cdot R \cdot (f_t + p/100)$$

Siendo: V. = velocidad (km/h).  
 R = radio de la circunferencia (m).  
 f<sub>t</sub> = coeficiente de rozamiento transversal movilizado.  
 p = peralte (%).

Para toda curva circular en el tronco de la calzada, con el peralte que le corresponde según se indica en el apartado 4.3.2, se cumplirá que, recorrida la curva circular a velocidad igual a la específica, no se sobrepasarán los valores de f<sub>t</sub> de la tabla 4.2.

TABLA 4.2.

V. (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
f <sub>t</sub>	0,180	0,166	0,151	0,137	0,122	0,113	0,104	0,096	0,087	0,078	0,069	0,060

En las tablas 4.3 y 4.4 se incluye la relación entre los radios y peraltes correspondientes a diferentes velocidades específicas. La utilización sistemática de curvas circulares cuya velocidad específica coincida con la velocidad de proyecto se justificará adecuadamente.

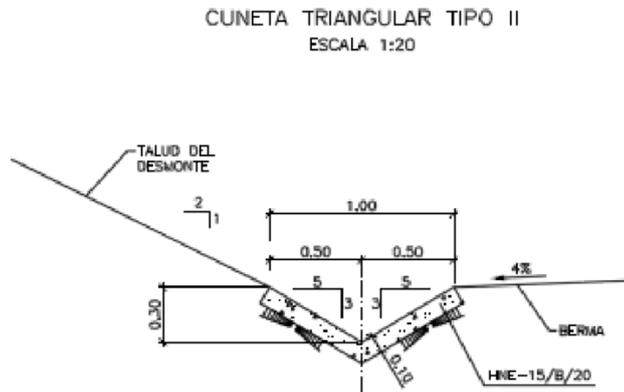
TABLA 4.3. RELACIÓN VELOCIDAD ESPECÍFICA - RADIO - PERALTE PARA AUTOPISTAS, AUTOVIAS, VIAS RÁPIDAS Y CARRETERAS C-100 (GRUPO 1)

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h)	RADIO (m)	PERALTE (%)
80	250	8,00
85	300	8,00
90	350	8,00
95	400	8,00
100	450	8,00
105	500	8,00
110	550	8,00
115	600	8,00
120	700	8,00
125	800	7,51
130	900	6,97
135	1050	6,25
140	1250	5,49
145	1475	4,84
150	1725	4,29

Cuadro No. 6.31 Parámetros de peraltes.

### 6.7.5.9.3. Cunetas y taludes

La cuneta es triangular, de 1 metro de ancho y 0,30 metros de profundidad. A continuación se adjunta figura al respecto.



Por su parte, los taludes son los siguientes:

- Corte: 1V/1H; - Relleno: 1V/2H.

**Gráfico No. 6.38.** Detalle de, cunetas y taludes.

## **6.7.6. SEÑALIZACIÓN**

### **6.7.6.1. Introducción**

En este Anexo se hace una justificación del diseño de los elementos de equipamiento vial de los diferentes ejes contemplados en el presente estudio de ingeniería definitivo, con el fin de aumentar la seguridad vial, la eficacia y la comodidad de la circulación.

Un diseño seguro debe ser siempre uniforme, es decir con unas características homogéneas a lo largo de su trazado. De esta manera, el usuario no se encuentra con “imprevistos” que lo obliguen a realizar maniobras repentinas y complicadas. Cabe destacar que, este criterio está en contradicción con la Ley de Tránsito, en la que se regula, en rectas a 100 km/h, y en curvas, a 60 km/h, criterio que habrá que coordinar.

La señalización es un elemento complementario de la carretera, pero que tiene una decisiva importancia en la seguridad. La señalización responde a 4 propósitos:

- Informar al conductor de las condiciones del entorno, como son opciones de itinerario y lugares de interés.
- Regular el uso de la carretera en cada momento.
- Advertir de los posibles peligros.
- Aconsejar sobre la conducción, para sacar el mejor provecho posible del vehículo y de la vía, dentro de los límites de seguridad.

Las señalizaciones deben cumplir las siguientes características:

- Deben ser instaladas de modo que sean visibles para el usuario.
- Deben estar a distancias tales que no interfieran unas con las otras.
- Deber ser adecuadamente conservadas.
- Deben tratar de señalar siempre situaciones similares de forma análoga, para evitar confusiones de los usuarios.

- Deben respetar los colores señalados en las normas y poseer niveles de retrorreflectancia adecuados para ser vistos tanto en el día, como en la noche.

El conjunto de los elementos diseñados se compone de la señalización horizontal y vertical, cuya misión es informar al usuario, del balizamiento que lo orienta y de las defensas que lo protegen ante posibles accidentes.

Para la implantación de la señalización vertical y horizontal se ha tomado la velocidad de proyecto de 120 km/h de acuerdo con el resto de elementos componentes del proyecto; aunque existen tramos en los que la velocidad permitida habrá de restringirse por motivos de seguridad vial para asegurar en todo momento la circulación por la vía de una forma fiable.

Además existe el tramo especial, como intercambiador, las aproximaciones a redondeles y a los retornos.

#### **6.7.6.2. Señalización horizontal**

La señalización horizontal está constituida por marcas viales y delineadores que tienen como función complementar las reglamentaciones o informaciones de otros dispositivos de tránsito o transmitir mensajes.

Los colores de las señalizaciones de pavimento longitudinales serán conforme a los siguientes Conceptos básicos:

Líneas amarillas definen:

- Separación de tráfico viajando en direcciones (sentidos) opuestos.
- Restricciones.
- Borde izquierdo de la vía (en caso de tener parterre).

Líneas blancas definen:

- La separación de flujo de tráfico en la misma dirección (el mismo sentido)
- Borde derecho de la vía (berma).

- Zonas de estacionamiento.
- Proximidad a un cruce de cebra.

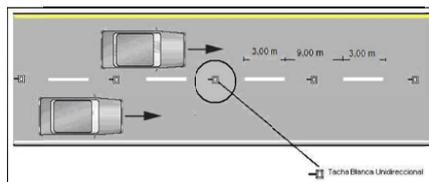
De acuerdo con la “RTE INEN 004-2:2011. Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal”, las marcas viales pueden ser:

- Líneas de separación de carriles: contribuyen a ordenar el tráfico y posibilitan un uso más seguro y eficiente de las vías. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección (el mismo sentido), y son de color blanco. Pueden ser segmentadas o continuas.
- Línea segmentada vía de dos carriles: la relación entre el tramo demarcado y la brecha de una línea de separación de carril segmentada varía según la velocidad máxima de la vía, Son de color blanco.

Al ser la velocidad máxima de la vía mayor a 50 km/h, tendrá las siguientes

**Gráfico No. 6.39.**

- Ancho de la línea: 150 mm.
- Longitud de la línea pintada: 3,00 m.
- Espaciamiento de línea: 9,00 m.



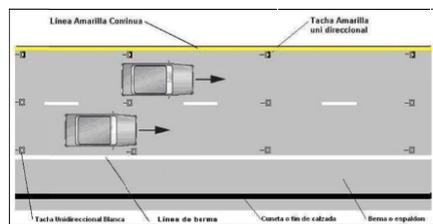
- Líneas separación de carril continuas: será continua a 20,0 0 m antes de la línea de PARE o Los colores de las señalizaciones de pavimento longitudinales serán conforme a los siguientes de CEDA EL PASO.

Líneas de borde de calzada: indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada. Estas líneas se

ubican en el borde de la calzada y son blancas al lado derecho y amarilla al lado izquierdo del sentido de flujo vehicular.

El ancho mínimo será de 150 mm.

Para mayor seguridad en la conducción nocturna (y en sectores donde exista neblina), se puede reforzar con señalización complementaria como “tachas”. Éstas deben ser del mismo color de la línea; excepcionalmente debe ser roja cuando se trata de bordes de calzada que no deben ser sobrepasados en ninguna circunstancia. Las tachas reflectivas se colocarán cada 12 m a lo largo de la vía, Gráfico No. 6.40



Líneas por reducción o ampliaciones de carriles: cuando el ancho de la calzada se reduce o aumenta el número de carriles disponibles, se debe señalar una zona de transición con líneas de separación y de borde de calzada convergentes que indiquen al conductor dicha reducción o aumento siempre debe terminarse al carril derecho.

Se ha utilizado en varias vías de servicio que tienen reducción de carriles, junto con la señal vertical P4-5 “ANGOSTAMIENTO DE LA VÍA”. Gráfico No. 6.41

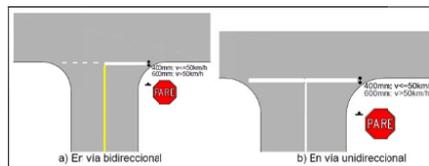


Líneas transversales: se utilizan en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse, ceder el paso o disminuir su velocidad; y para señalar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.

Pueden ser continuas y/o segmentadas. Son de color blanco.

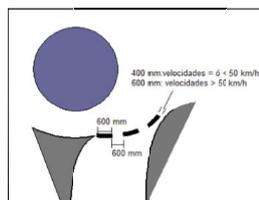
Líneas de pare: línea continua demarcada en la calzada ante la cual los vehículos deben detenerse. En vías con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 50 km/h el ancho debe ser de 400 mm; en vías con velocidades superiores, el ancho es de 600 mm.

Este tipo de línea se dispondrá en las intersecciones de los viales transversales con las vías de servicio. **Gráfico No. 6.42**



Línea de ceda el paso: indica la posición segura para que el vehículo se detenga, si es necesario. Es una línea segmentada de 600 mm pintado con espaciamiento de 600 mm.

Este tipo de línea se dispondrá en la entrada a los redondeles. **Gráfico No. 6.43**



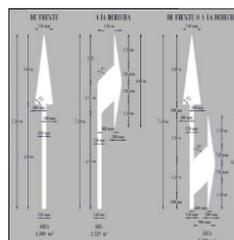
Símbolos y leyendas: se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros.

Estas señales se ubican horizontalmente sobre el pavimento. Son de color blanco (excepto símbolo de discapacitados, blanco sobre azul, zona escolar o peatonal, blanco sobre amarillo).

Atendiendo a su tipo, se clasifican en:

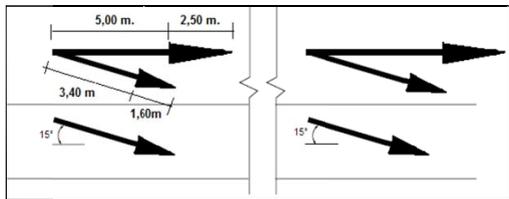
Flechas: indican y advierten al conductor la dirección y sentido obligatorio que deben seguir los vehículos que transitan por un carril de circulación en la inmediata intersección. Deben ser señalizadas en el centro de cada uno de los carriles.

- Flecha recta: indica que el carril donde se ubica está destinado al tránsito que continúa en línea recta.
- Flecha de viraje: indica que el carril donde se ubica está destinado al tránsito que vira en la dirección y sentido señalado por la flecha.
- Flecha recta y de viraje: indica que el carril donde se ubica está destinado tanto al tránsito que continúa en línea recta como al que vira en la dirección y sentido indicado por la flecha de viraje. **Gráfico No. 6.44**

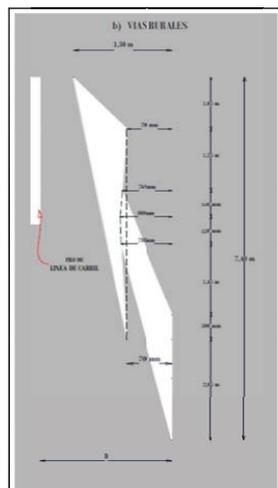


- Flecha recta y de salida: se utiliza en autopistas y vías rurales para indicar donde se puede iniciar la maniobra de salida utilizando un carril de salida o

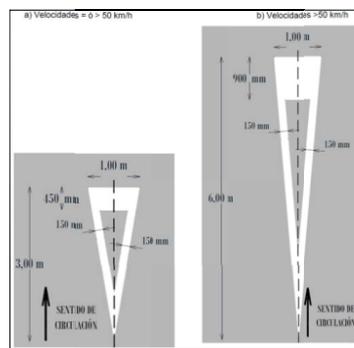
desaceleración. Su longitud es de 7,50 m y el espaciamiento entre ellas es de 50,00 m y una repetición de 4. **Gráfico No. 6.45**



- Flecha de incorporación: advierte que los vehículos deben abandonar el carril por el que circulan e incorporarse a la que apunta la flecha. Se debe utilizar en carriles de aceleración y otro similares. **Gráfico No. 6.46**



- Leyendas:
- Otros símbolos: corresponden a señales utilizadas para regular la circulación o advertir de riesgos en la vía.
- Ceda el paso: indica al conductor que accede por la vía secundaria de un cruce controlado por la señal “CEDA EL PASO”, que debe ceder el paso, si en el flujo vehicular de la vía principal no existe un espacio suficiente para incorporarse al flujo de circulación vehicular con seguridad. Su color es blanco. Debe utilizarse siempre que se instale la señal vertical “CEDA EL PASO”. **Gráfico No. 6.46** Señalización horizontal con respecto a la velocidad.

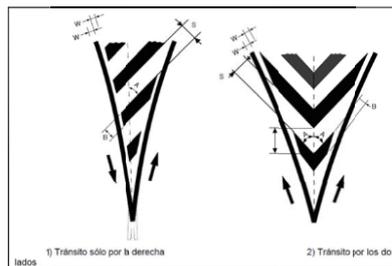


Otras señalizaciones: según su uso y tipo se define su forma, color y ubicación, se clasifican en:

- Chevrones (señalización de tránsito divergente y convergente): se utiliza para indicar que el tránsito diverge o converge. En el caso de bifurcaciones se genera un área neutral, sin tráfico, que previene la posibilidad de conflictos en la nariz del borde de éstas, guiando al usuario en un ángulo suave y conveniente. Cuando se trata de convergencias dicha área ayuda a los conductores a incorporarse en forma segura al tránsito.

En bifurcaciones generadas por carriles de desaceleración, la línea de borde de calzada debe señalizarse de forma que coincida con el vértice del área neutral, debiendo ser continua hasta aproximadamente la mitad del largo de dicho carril.

De existir un carril de aceleración paralela, la línea de borde de calzada debe señalizarse de forma que coincida con el vértice del área neutral, **Gráfico No. 6.48.**



### 6.7.6.3. SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Se incluyen en este apartado los criterios de implantación, situación y dimensiones de las señales, carteles y paneles complementarios empleados.

De manera general los criterios adoptados para la ubicación de las principales señales se indican a continuación:

Señales regulatorias (código R): informan a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, cuyo incumplimiento constituye una infracción a la Ley y Reglamento de tránsito.

Las señales regulatorias se clasifican en:

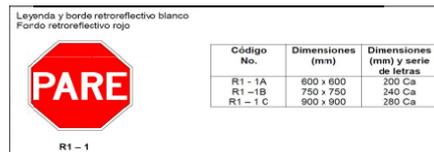
- R1, serie de prioridad de paso.
- R2, serie de movimiento y dirección.
- R3, serie de restricción de circulación.

- R4, serie de límites máximos.
- R5, series de estacionamientos
- R6, serie de placas complementarias
- R7, serie miscelánea.
- 

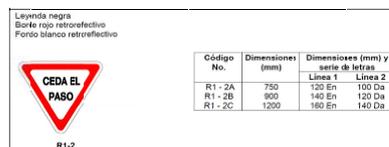
Se han utilizado las siguientes señales:

### 6.7.6.3.1. Serie de prioridad de paso (R1)

R1-1, “PARE”, en las intersecciones de los viales transversales con las vías de servicio. Irá acompañada de la señalización horizontal “línea de pare”. **Gráfico No. 6.49**



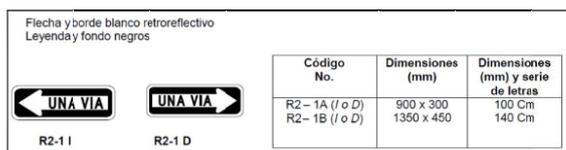
R1-2, “CEDA EL PASO“, en la entrada a los redondeles, junto con la señalización horizontal “línea de ceda el paso”. **Gráfico No. 6.50**



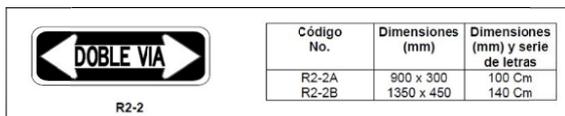
### 6.7.6.3.2. Serie de movimiento y dirección (R2)

R2-1, “UNA VÍA IZQUIERDA O DERECHA”, se utiliza para obligar a circular solo en la dirección indicada por las flechas de las señales.

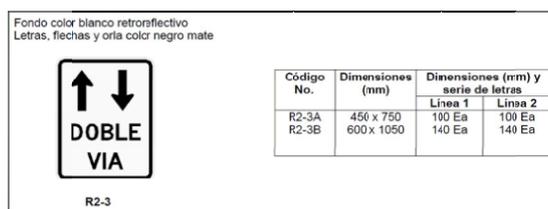
**Gráfico No. 6.51** Señalización alzado serie de movimiento y dirección



R2-2, “DOBLE VÍA”, se utiliza para indicar que en una vía el tránsito puede fluir en dos direcciones. **Gráfico No. 6.52.**



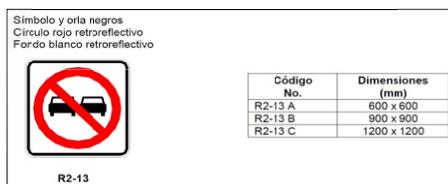
R2-3, “DOBLE VÍA COMIENZA”, se instala al final de una sección de vía con parterre, para dirigir el tráfico vehicular al carril correcto, esta señal debe ser colocada a por lo menos 3,00 metros del filo donde termina el parterre. También, se instala en intersecciones donde una calle de una vía se convierta en calle de Doble Vía. **Gráfico No. 6.53**



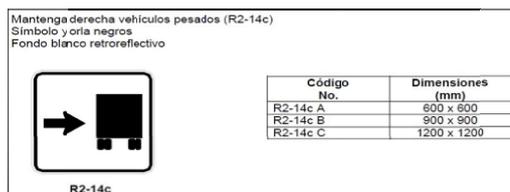
R2-7, “NO ENTRE“, esta señal prohíbe la continuación del movimiento directo del flujo vehicular que se aproxima, más allá del lugar en que ella se encuentra instalada. Se debe colocar donde el conductor pueda comprender fácilmente cuál es la vía con prohibición de entrar. . **Gráfico No. 6.54**



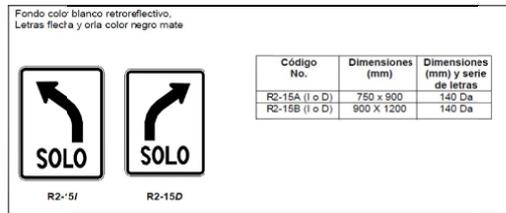
R2-13, “NO REBASAR”, por seguridad vial, en los retornos se evitará el rebasamiento, para de esta forma facilitar el cambio de sentido y la incorporación por la izquierda de los vehículos. Se colocará en ambos lados de la vía. **Gráfico No. 6.55**



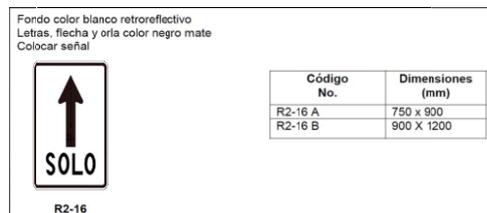
R2-14, “MANTENGA DERECHA”, se utiliza en vías de varios carriles unidireccionales, para indicar a los conductores que deben circular por el carril derecho, de tal forma que se facilite rebasamientos por el carril izquierdo.



R2-15D, “SEÑAL DE CONTROL DE MOVIMIENTO OBLIGATORIO DE CARRIL”, esta señal se emplea para indicar al conductor la obligación de seguir la dirección indicada por la flecha. **Gráfico No. 6.57**

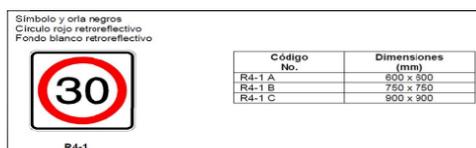


R2-16, “SEÑAL DE SÓLO EN LA DIRECCIÓN INDICADA”, esta señal se emplea para indicar al conductor la prohibición de virar a la izquierda o derecha en el sitio donde ella se encuentra. **Gráfico No. 6.58**



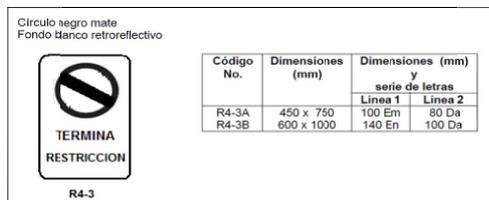
### 6.7.6.3.3. Serie de límites máximos (R4)

R4-1, “LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD”, en las zonas en las que la velocidad se limite a una velocidad distinta a la velocidad de la vía. **Gráfico No. 6.59**



En los tramos de calzadas separadas, esta señal se duplicará en ambos márgenes para que sean visibles por aquellos vehículos que circulen por el carril de rápidos coincidiendo la maniobra de adelantamiento a vehículos pesados. En el caso de que acompañe a alguna señal de alineamiento (P1), se duplicarán ambas señales.

R4-3, “TERMINA RESTRICCIÓN DE VELOCIDAD”, se utiliza a para indicar que termina la restricción de velocidad máxima permitida en un tramo de vía determinada. **Gráfico No. 6.60**

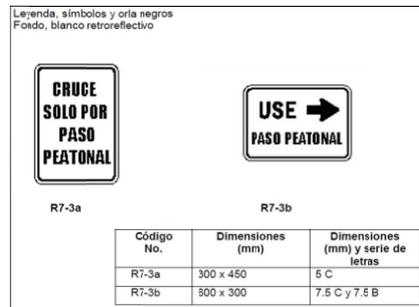


R4-4, “REDUZCA LA VELOCIDAD”, se utiliza en sitios donde la velocidad de aproximación. **Gráfico No. 6.61**



#### 6.7.6.3.4. Serie misceláneas (R7)

R7-3a, “CRUCE DE PEATONES”, se utiliza para indicar a peatones los lugares autorizados y seguros para cruzar una vía. **Gráfico No. 6.62**



Señales preventivas (código P): advierten los usuarios de las vías, sobre las condiciones inesperadas o peligrosas en la vía o sectores adyacentes a la misma. Las señales preventivas se clasifican en los siguientes grupos o series:

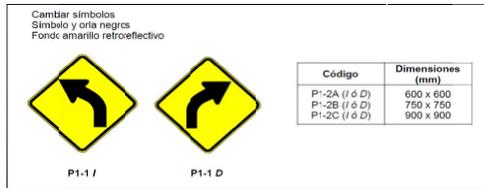
- P1, serie de alineamiento.
- P2, serie de intersecciones y empalmes.
- P3, serie de aproximación a dispositivos de control de tránsito.
- P4, serie de anchos, alturas largos y pesos.
- P5, serie de asignación de carriles.
- P6, serie de obstáculos y situaciones especiales en la vía.
- P7, serie peatonal.
- P8, serie complementaria

#### 6.7.6.3.5. Serie de alineamiento (P1).

Se han utilizado las siguientes señales:

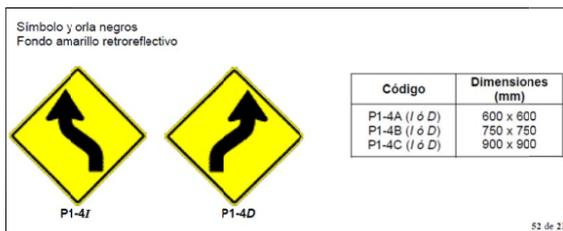
P1-2I, “CURVA ABIERTA IZQUIERDA, P1-2D DERECHA”, indican la aproximación a curvas abiertas y se instalan en aproximaciones a una curva abierta a

la izquierda o derecha. De acuerdo a las circunstancias puede complementarse con una se al aconsejada de velocidad R4-1. **Gráfico No. 6.63**

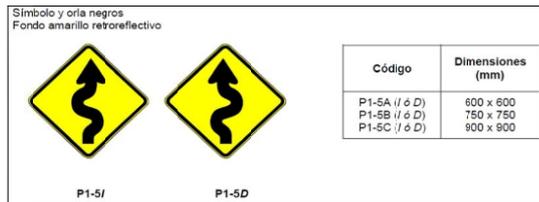


P1-4I, “curva y contra curva abierta izquierda

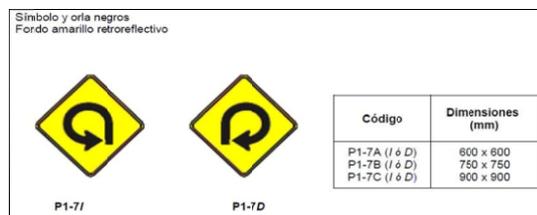
DERECHA P1-4D, CURVA Y CONTRA CURVA DERECHA – IZQUIERDA (P1-4D)”, indica n la aproximación a dos curvas contrapuestas y cuya tangente de separación es menor a 120 m; y se instala en aproximaciones a esta clase de curvas. De acuerdo a las circunstancias puede complementarse con una señal aconsejada de velocidad R 4-1. **Gráfico No. 6.64**



P1-5I “VÍA SINUOSA PRIMERA IZQUIERDA”, P1-5D “VÍA SINUOSA PRIMERA DERECHA”, indican de la existencia adelante de tres o más curvas opuestas (tipo “S”). **Gráfico No. 6.65**



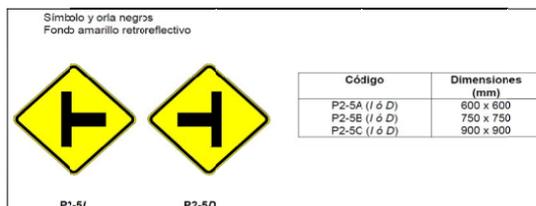
P1-7I “SALIDA DE RAMPA IZQUIERDA”, P1-7D “SALIDA DE RAMPA DERECHA”, indican de la existencia delante de una salida de rampa. **Gráfico No. 6.66**



#### 6.7.6.3.6. Serie de intersecciones y empalmes (P2).

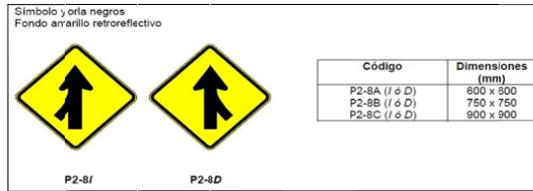
Se han utilizado las siguientes señales:

P2-5, “EMPALME LATERAL”, para prevenir y anunciar al conductor de la existencia de una intersección en el tronco, proyectadas con carriles de cambio de velocidad (aceleración y deceleración). **Gráfico No. 6.67**

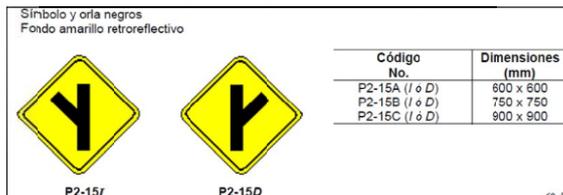


P2-8, “INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO”, para advertir al conductor de la existencia más adelante de una confluencia o ingreso de tránsito a la vía por un lateral.

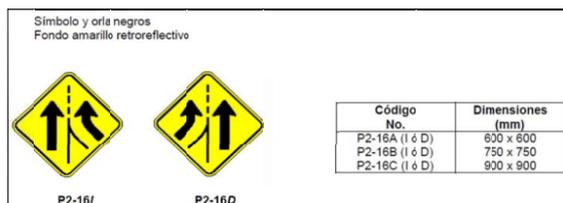
**Gráfico No. 6.68**



P2-15, “BIFURCACIÓN IZQUIERDA-DERECHA”, esta señal previene al conductor de la existencia más adelante de una bifurcación a izquierda o a derecha. Debe usarse cuando existe un empalme de vía cuya función es exclusivamente la de permitir la salida de tránsito de la corriente de tránsito principal. **Gráfico No. 6.69**



P2-16, “INCORPORACIÓN DE CARRIL ADICIONAL”, para advertir al conductor de que se aproxima a un punto donde habrá el incremento de un carril de circulación para el tráfico que se incorpora a la vía. **Gráfico No. 6.70**



P2-17, “APROXIMACIÓN A REDONDEL”, que previene al conductor de la existencia más adelante a un redondel, en donde debe ceder el paso antes de ingresar al mismo. Se colocará en todas las aproximaciones a la misma. **Gráfico No. 6.71**



#### 6.7.6.3.7. Serie de aproximación a dispositivos de control de tránsito (P3)

P3-1, “APROXIMACIÓN A PARE”, esta señal previene al conductor de la existencia más adelante de una señal de PARE (R1-1). **Gráfico No. 6.72**

Debe ser utilizada cuando por cualquier circunstancia la señal de pare no esté dentro del campo de visibilidad del conductor y siempre que se cumplan las condiciones del numeral 7.7.1 de la RTE INEN 004-1:2011. Señalización Vertical.

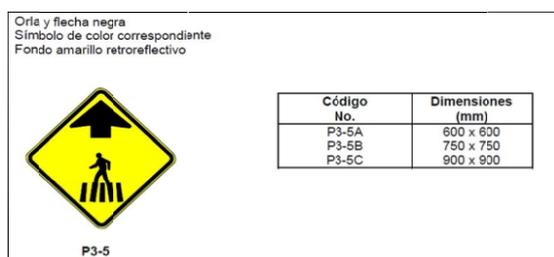


P3-2, “APROXIMACIÓN A CEDA EL PASO”, esta señal previene al conductor de la existencia más adelante de una señal de ceda el paso (R1-2). **Gráfico No. 6.73**

Debe ser utilizada cuando por cualquier circunstancia la señal de ceda el paso no esté dentro del campo de visibilidad del conductor y siempre que se cumplan las condiciones del numeral 7.7.2 de la RTE INEN 004-1:2011. Señalización Vertical.



P3-4, “CRUCE PEATONAL CON PRIORIDAD”, esta señal previene al conductor del vehículo de la existencia más adelante de un cruce peatonal cebrado regulado por señales (P6-1). Obliga a reducir la velocidad y disponerse a detener el vehículo para dar preferencia de paso a los peatones que utilicen dicho cruce. **Gráfico No. 6.74**

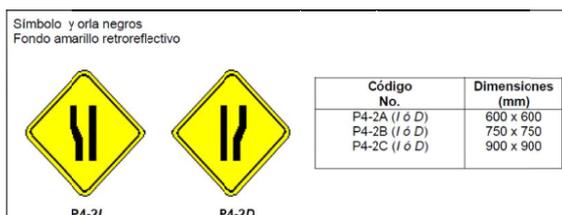


### 6.7.6.3.8. Serie de anchos, alturas, largos y pesos (P4)

P4-1, “PUENTE ANGOSTO”, debe ser usada para prevenir al conductor de la existencia más adelante de un puente cuyo ancho sea menor a la calzada de circulación. **Gráfico No. 6.75**

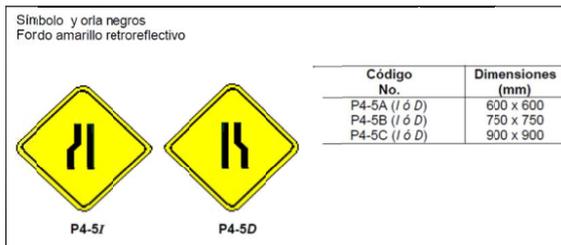


P4-2, “ENSANCHAMIENTO DE LA VÍA”, debe ser usada para advertir proximidad de un ensanchamiento de la calzada al lado izquierdo o derecho. **Gráfico No. 6.76**



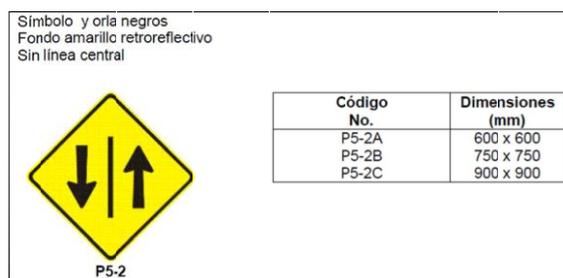
P4-5, “ANGOSTAMIENTO DE LA VÍA”, debe ser usada para advertir un estrechamiento de la calzada al lado izquierdo o derecho

Se ha utilizado en varias vías de servicio que tienen reducción de carriles, junto con la señalización horizontal “LÍNEAS POR REDUCCIÓN O AMPLIACIONES DE CARRILES” . **Gráfico No. 6.77**

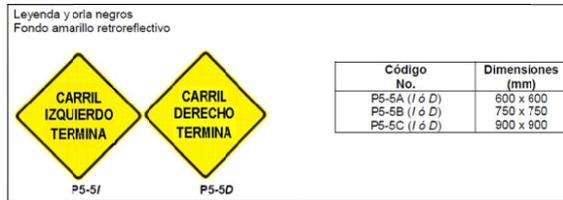


#### 6.7.6.3.9. Serie de asignación de carriles (P5).

P5-2, “DOS SENTIDOS DE CIRCULACIÓN”, esta señal debe utilizarse para advertir a los conductores que circulan por una vía unidireccional que más adelante el tránsito será bidireccional. **Gráfico No. 6.78**

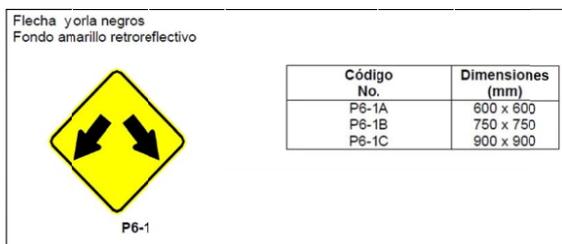


P5-5I, “TERMINA CARRIL IZQUIERDO”, P5-5D, “TERMINA CARRIL DERECHO” esta señal debe utilizarse para advertir a los conductores que más adelante se termina el carril izquierdo o derecho. **Gráfico No. 6.79**



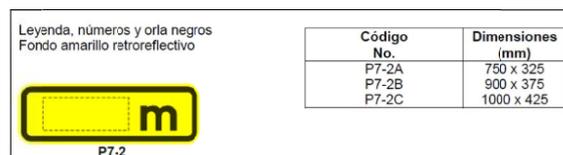
#### 6.7.6.3.10. Serie de obstáculos y situaciones especiales en la vía (P6).

P6-1, “BIFURCACIÓN”, esta señal previene al conductor de la existencia más adelante de una bifurcación de circulación en la vía. **Gráfico No. 6.80**



#### 6.7.6.3.11. Serie complementarias (P7).

P7-2, “METROS” esta señal indica la distancia de aproximación en metros a un peligro en un tramo de la vía. **Gráfico No. 6.81**



Señales de información (código I): tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios viales, proporcionándoles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. Se clasifican en:

- Señales de información de Guía (I1).
- Señales de información de Servicios (I2).
- Señales de información misceláneos (I3).

Se han utilizado las siguientes señales:

I1-1 “SEÑALES ANTICIPADAS DE ADVERTENCIA DE DESTINO”, dan información previa de los destinos que tiene adelante mostrando nombre y lugares, símbolos e instrucciones para indicar direcciones y rutas. **Gráfico No. 6.82**



I1-2 “SEÑALES DE DECISIÓN DE DESTINO”, en intersecciones o puntos de decisión importantes, indican la dirección en la cual se desarrolla una vía, indicando los nombres de los principales destinos a lo largo de la vía. **Gráfico No. 6.83**



I1-3c “NOMBRES DE CIUDADES, RÍOS, SITIOS, PUENTES, ETC”, estas señales indica n a los conductores los nombres de los lugares específicos en el que se encuentra. **Gráfico No. 6.84**



I1-4 “Serie de carreteras y/o autopistas”, tienen el mismo propósito que otras vías de menor jerarquía, sin embargo existe una diferencia en el método de aplicación de dicha señalización. Las autopistas son diseñadas para la circulación del tránsito a alta velocidad y las facilidades en las salidas se planifican en zonas técnicamente factibles. La señalización instalada en la vía debe generar una acción segura. A causa de la velocidad de diseño, operación y ancho de las calzadas, es esencial que los conductores reciban anticipadamente la información adecuada para garantizar que puedan encauzar sus vehículos hacia los carriles correctos.

Las señales de carretera y/o autopista (I1-4) se dividen en:

- Asignación de carril anticipado de la intersección (I1-4a)
- De salida (I1-4b)
- De confirmación de destino (I1- 4c) Diagramáticas (I1-3d)
- Diagramáticas (I1-3d)
- De entrada a rampas (I1-3f)
- De prohibiciones (I1-3g)

- De tarifas de peaje (I1-3h)
- Marcadores de cuenta regresiva (I1-3i)
- De velocidad de salida (I1-3j)
- De servicios (I1-3k)

Letras. Las dimensiones mínimas de letras requeridas para leyendas de las señales de asignación de carril anticipado son:

En vías rurales de carriles múltiples, mínimo letra mayúscula serie 240 mm E modificada, con letras minúsculas de 180 mm.

Para señales aéreas en cualquier localización, ya sean autopistas, carreteras, avenidas, mínimo letra mayúscula serie 240 mm E modificada, con letras minúsculas de 180 mm.

**CUADRO No. 6.7.0 Altura de letras según distancia de aproximación.**

TABLA 8.1 Altura de letras según distancias de aproximación

VELOCIDAD EN km/h	DISTANCIA DE LEGIBILIDAD APROXIMADA (m)	ALTURA DE LETRAS SEGÚN LAS SIGUIENTES SERIES ( cm )				
		SEÑALES A NIVEL			SEÑALES ELEVADAS	
		D	E	F	E	Minúsculas
<60	50	10	7,5	7,5	15	10
	75	12,5	10	10	20	13,3
60 ~80	85	15	12,5	12,5	25	16,7
	100	20	15	15	35	23,3
>80	110	20	15	15	40	26,7
	140	25	20	20	50	33,3

\*\*Altura recomendada de letras en señales informativas de Asignación de carril anticipado de Intersección.

I1-5c3 “SEÑALES DE SALIDA”, con leyenda de destino, código de ruta, mensaje y flecha de salida. **Gráfico No. 6.85**

Leyenda flecha y con orla color blanco retroreflectivos  
Fondo color verde retroreflectivo



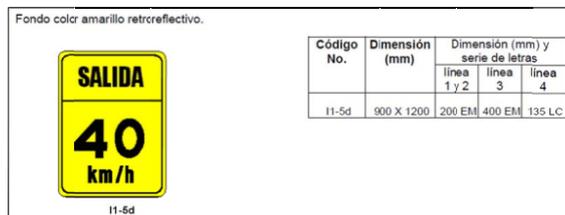
Código No.	Dimensión (mm)
I1-5c3 A	*
I1-5c3 B	

I1-5c3

Se deberán disponer por parte del licitador los anteriores tres tipos de señales: I1- , I1-2 e I1-5 c3.

I1-5d “DE VELOCIDAD MÁXIMA DE SALIDA... KM/H”. Se instala sobre rampas o vías de salida en una autopista, con el objetivo de prevenir a los conductores sobre la velocidad segura de circulación, siempre y cuando la velocidad de maniobra en la rampa o vía de salida es menor que la velocidad de la autopista.

**Gráfico No. 6.86**



I12-5 “DIAGRAMÁTICA APROXIMACIÓN A REDONDEL”, informando de los movimientos del redondel. Leyenda y letras de color blanco sobre fondo verde reflectivos. Se colocará a 100 m de la entrada al redondel. **Gráfico No. 6.87**



I1-5f “TARIFA DE PEAJE”, informan a los conductores de las tarifas que deben pagar para hacer uso de la infraestructura vial de acuerdo a la clase de vehículo que conducen, se instalan a 500 metros antes de llegar al lugar del pago y se repiten antes de llegar a la cabina de pago. **Gráfico No. 6.88**

Legenda, números y orla color blanco retroreflectivos  
Fondo color verde retroreflectivo

PRECIOS DE PEAJE	
LIVIANOS	1,00
PESADOS: 4 A 6 t	2,00
PESADOS: 6,1 A 8 t	3,00
PESADOS: 8,1 A 10 t	4,00
ARTICULADOS: MÁS DE 10 t	5,00

I1-5f

Código No.	Dimensión (mm)
I1-5f	*

\* La dimensión del letrero va en función de la leyenda, aplicar tabla 8.1, ver numeral 8.12.3.2.

I1-5g “MARCADORES DE CUENTA REGRESIVA”. Estas señales indican a los conductores la aproximación a una salida de una autopista e informan la distancia a la que se encuentran de una rampa o carril de deceleración de salida.

Se deben usar tres señales; la señal con tres marcadores colocada a 300 metros I1-5g1, la señal con dos marcadores colocada a 200 metros I1-5g2 y la señal con un marcador a la distancia de 100 metros I1-5g3. **Gráfico No. 6.89**

Marcadores y orla color blanco retroreflectivo  
Fondo color verde retroreflectivo

Código No.	Dimensión (mm)
I1-5g	450 X 900

300 m      200 m      100 m

I1-5g

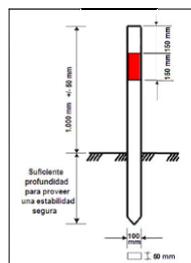
I3-2 “CONTROL DE PESO Y DIMENSIONES”.- Estas señales indican al conductor de vehículos de carga pesada que deben ingresar a las estaciones de peso que controlan las dimensiones y el peso del vehículo. El conductor de transporte pesado no podrá evitar el control. **Gráfico No. 6.90**



#### 6.7.6.3.12. Señales especiales delineadoras (código D)

D1 “POSTES DELINEADORES DE VÍA”: estos dispositivos definen los bordes de la vía, para indicar los límites laterales del uso seguro de la calzada, e indican el alineamiento que tiene la vía más adelante, especialmente en las curvas horizontales y verticales. La separación de los delineadores será variable en función de los parámetros de trazado, tráfico, condiciones de visibilidad. **Gráfico No.**

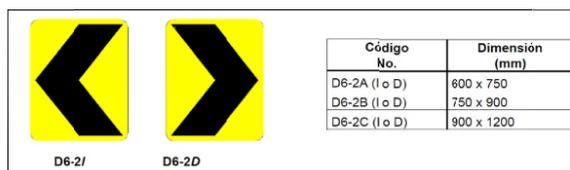
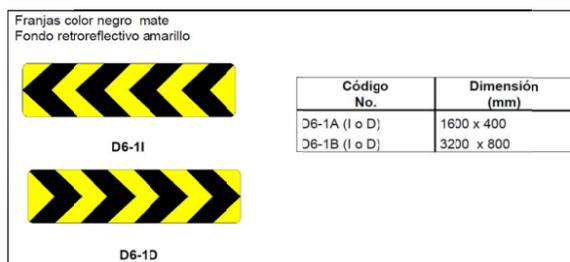
**6.91**



Dispositivos delineadores en guardavías, son de color rojo retrorreflectivo tipo IV, son colocadas en láminas metálicas galvanizadas y se instala como se indica en la NTE INEN 2 473.

Delineadores en barandas de puentes, consiste en una lámina retrorreflectiva color rojo tipo IV Norma ASTM D4956 sección 7.1 y 7.2 adherida al soporte vertical a las barandas; y se instala a la distancia que se indica en la NTE INEN 2 473.

D6-1 y D6-2 “ALINEAMIENTO HORIZONTAL”, se utiliza para indicar cambios de alineamiento de curvas cerradas y de curvas abiertas, respectivamente. Se colocarán en postes similares a los utilizados para señales verticales, a una altura aproximada de 1,50 m. El espaciamiento entre los mismos se establece según los radios de curvatura, según viene recogido en la tabla 8.3 de la “RT INEN 004-1:2011. Señalización Vial. Parte1. Señalización Vertical”. **Gráfico No. 6.92**



### 6.7.6.3.13. Serie de postes de kilometraje.

Se emplearán para indicar la distancia recorrida en la vía, desde un punto de partida a un punto final establecido de acuerdo a la clasificación de la red vial estatal determinada por el MTOP. Se colocarán en los puntos determinados por la red vial estatal. El licitador deberá disponer esta señalización en la ubicación correspondiente. **Gráfico No. 6.93**



#### 6.7.6.4. Balizamiento

Dentro de este capítulo se incluyen:

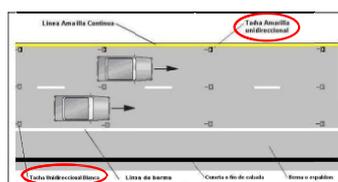
**TACHAS REFLECTIVAS:** se colocan en zonas donde se tenga características geométricas, condiciones climáticas o de visibilidad adversa, es decir se utilizan para suplir las deficiencias de las marcas viales en caso de lluvia o desgaste del nivel de reflectancia.

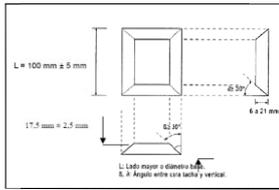
Se colocan fijados al pavimento en los bordes de las calzadas del tronco y en las entradas y salidas de ésta, acompañando a las líneas delimitadoras de la calzada por el exterior, y a las dos aristas de la nariz, en las convergencias y divergencias que forman los ramales de enlace con el tronco de la autovía.

Se colocarán “tachas unidireccionales blancas” por el exterior de la línea de berma y “tachas amarillas unidireccionales” en el exterior de la línea amarilla continua.

Su lado mayor o el diámetro de su base, debe ser de 100 mm con tolerancia de  $\pm 5$  mm, con altura de 17,5 mm con tolerancia de  $\pm 2,5$  mm. Además, ninguna de sus caras debe formar un ángulo mayor a  $60^\circ$  con la horizontal.

Se colocarán cada 12 m a lo largo de la vía. **Gráfico No. 6.94**





### 6.7.6.5. Defensas

Una parte importante de la seguridad que ofrece al conductor las características técnicas de una vía reside en los detalles de terminación y acabado que suponen los elementos e instalaciones de protección como son los dispositivos que, en caso de accidente o emergencia, impiden al vehículo salirse fuera de la vía y le ayudan a reducir las consecuencias dañinas de esta situación.

Es por ello que la instalación de barreras de seguridad metálicas está indicada en las zonas en las que se detecte, como consecuencia de la presencia de obstáculos, des niveles o elementos de próximos a la calzada, la probabilidad de que pueda producirse un accidente.

En este apartado se describen y justifican los dispositivos adoptados para esta finalidad en diversas partes de la obra que se proyecta:

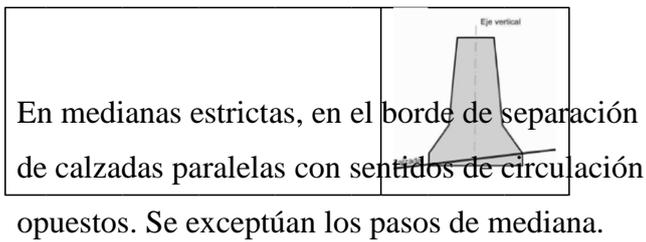
#### 6.7.6.5.1. Barreras de seguridad

Las barreras de seguridad son dispositivos instalados en los márgenes y/o medianas de una carretera cuya finalidad es proporcionar un cierto nivel de contención a un vehículo fuera de control, de forma que se eviten choques con obstáculos situados fuera de la calzada, caídas por pen dientes pronunciadas o invasión de otras vías y de esa forma se disminuya la severidad del accidente.

Atendiendo al diseño particular del conjunto de viales diseñado en el proyecto, se dispondrán las siguientes barreras de seguridad:

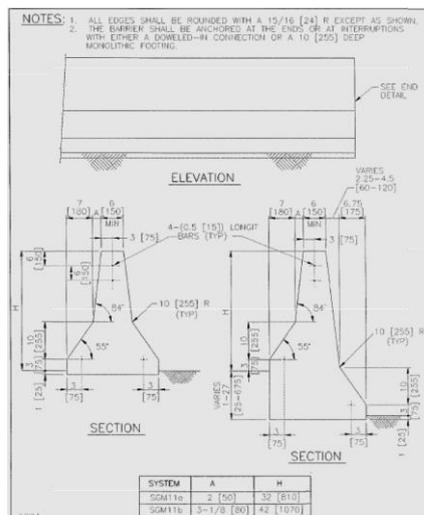
## Barrera de hormigón simple in situ a doble cara:

Gráfico No. 6.95



En concreto, el tipo de barrera adoptado será la SGM11a, recogida en la normativa AASHTO. Esta barrera será sobrepuesta y nunca empotradas en el firme.

A continuación se adjunta una ficha con las características geométricas de dicha barrera. **Gráfico No. 6.96**

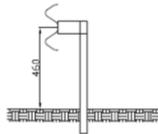


**Guardavías metálicas.** La elección del tipo de guardavía y su ubicación, es la siguiente:

Barandal metálica simple con separador, en:

- Borde de calzada en terraplenes con altura superior a 3 m.
- Protección de las obras de drenaje.
- Protección de obstáculos laterales como postes SOS, carteles laterales, plantaciones que tengan un tronco de más de 15 cm de diámetro, edificaciones, etc.

**Gráfico No. 6.97**



Barandal metálica superpuesta con separador, en:

- Protección de las pilas de pasos superiores.
- Protección de pórticos y estructuras en las que un posible choque contra ellas pueda producir la caída de obstáculos sobre la calzada.
- Anterior a los sistemas de contención de las estructuras.

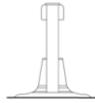
**Gráfico No. 6.98**



Barandal metálica desmontable en pasos de mediana.

- En los pasos de mediana se dispondrá barrera desmontable.

**Gráfico No. 6.99**



Los sistemas de contención se dispondrán de tal manera que protejan el obstáculo en toda su longitud. En el caso de calzadas separadas para cada sentido de circulación, además se incluirá una longitud de anticipación y de terminación que, según el sentido de la circulación será de:

**Longitud de anticipación:**

- 140 m antes del comienzo de protección de cada obstáculo en los que se debe disponer la barrera de seguridad, excepto en los obstáculos aislados.
- 60 m antes del comienzo de protección de los obstáculos aislados que se consideran los siguientes:
  - Postes SOS.
  - Carteles laterales.
  - Árboles o plantaciones aisladas.
  - Báculos de alumbrado.

Para todos los casos, a esta longitud de anticipación se añadirá la longitud correspondiente al abatimiento del extremo de la barrera que será de 12 m para barreras metálicas y 20 m para el desvanecimiento de barreras de hormigón.

**Longitud de terminación:**

- 4 m después de la protección del obstáculo.

A esta longitud de anticipación se añadirá la longitud correspondiente al abatimiento del extremo de la barrera que será de 4 m para barreras metálicas y 1,65 m para el desvanecimiento de barreras de hormigón.

En el caso de carreteras de calzada única bidireccional, la longitud de terminación será igual a la longitud de anticipación, ya que se debe proteger el obstáculo para los dos sentidos de circulación.

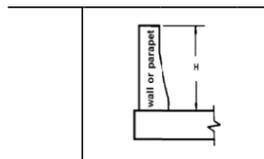
#### 6.7.6.5.2. Sistemas de contención en estructuras.

Se ha proyectado la implantación de elementos de seguridad en todos los pasos superiores y puentes, y demás obras de paso, en los bordes del tablero.

- Pretil de hormigón armado.

En el borde exterior del tablero de los pasos superiores y los puentes sobre cauces.

**Gráfico No. 6.100**



## BIBLIOGRAFÍA

- CÁRDENAS, James. (2002), “Diseño Geométrico de Carreteras”, Primera Edición, ECOE ediciones, Bogotá Colombia 330pp.
- CHOCONTÁ, Pedro. (2004) “Diseño Geométrico de Vías”, Segunda Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá 250 pp
- HERNÁNDEZ, Fideligno. (2005) “Diseño geométrico de vías” Tercer mundo editores, Bogotá 322 pp
- AGUDELO, John Jairo. (2002), “Diseño geométrico de vías”, (on line) Disponible en:.
- Auquilla, Hugo (2012). “Mejoramiento, ensanchamiento y diseño del pavimento flexible para la Vía Atalaya – Surupali – Naranjos (Sector De Yunguilla), desde el tramo con abscisa 4+500 hasta La abscisa 8+500.” (En Línea) Disponible en: <http://repositorio.ucc.edu.ec/handle/reducacue/5508>.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. (1998). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá. (En línea)
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS. (2003). Revisión de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras. Departamento de Publicaciones. Quito. (En Línea) Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/64165603/Normas-de-Diseno-Geometrico-2003>
- Herrera Jiménez José. TRABAJO DE INVESTIGACIÓN. (2013). Revisión (En Línea) Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2077/1/JOSE%20LUIS%20HERRERA%20JIMENEZ%20PROYECTO%20INVESTIGACION.pdf>
- Roberto Hernández, Carlos Fernández, Pilar Baptista, Ma. De la Luz, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN (En Línea) Disponible en: [http://www.upsin.edu.mx/mec/digital/metod\\_invest.pdf](http://www.upsin.edu.mx/mec/digital/metod_invest.pdf)
- Kaplan, Abraham. The Conduct of Inquiry. San Francisco, Ca.: Chandler (En Línea) :<http://books.google.com.ec/books?id=ks8wuZHSKs8C&printsec=frontcover&dq=The+Conduct+of+Inquiry+1964&hl=es&sa=X&ei=qm3uU-viCKTMsQSQp4CYDg&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=The%20Conduct%20of%20Inquiry%201964&f=false>

- Kerlinger Fredd N, Diseños no experimentales de investigación (En Línea) :<http://www.lapaginadelprofe.cl/UAconcagua/7Dise%C3%B1osnoExperimentales.pdf>
- Arias Fidas, El PROYECTO DE INVESTIGACIÓN (En Línea) : <http://es.slideshare.net/brendalozada/el-proyecto-de-investigacion-fidas-arias-3ra-edicion>
- Sabino Carlos, El PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN (En Línea) : <http://www.danielpallarola.com.ar/archivos1/ProcesoInvestigacion.pdf>

Señalización horizontal:

- RTE INEN 004-2:2011. Señalización Vial. Parte 2. Señalización Horizontal.

Señalización vertical:

- RTE INEN 004-1:2011. Señalización Vial. Parte 1. Señalización Vertical.
- CPE INEN 16-3:96. Código de práctica para Señalización de Vías. Parte 2. Señales de Vías. Requisitos.
- Manual de Señalización Turística. Ministerio de Turismo de Ecuador.

Balizamiento:

Defensa:

- RTE INEN 029:2008. Perfiles corrugados y postes de acero para guardavía
- NTE INEN 2473:2008. Perfiles corrugados y postes de acero para guardavías. Requisitos.

# **ANEXOS**

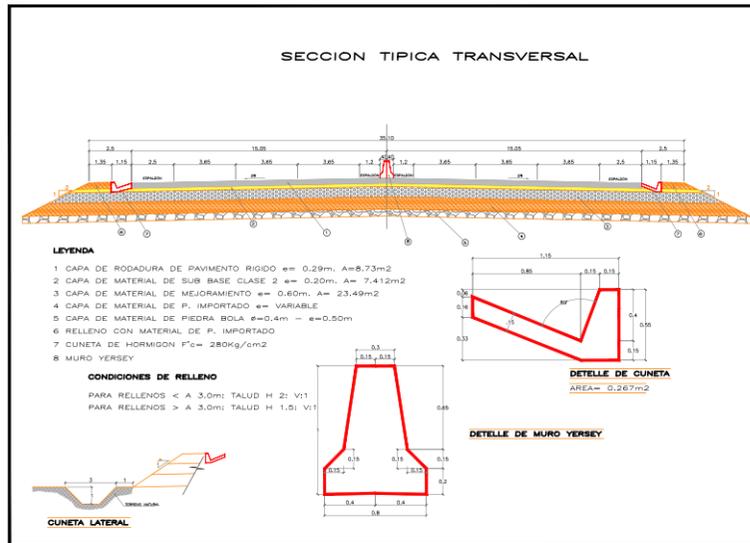


ANEXO 2

**RED VIAL PROVINCIA DEL ORO.**

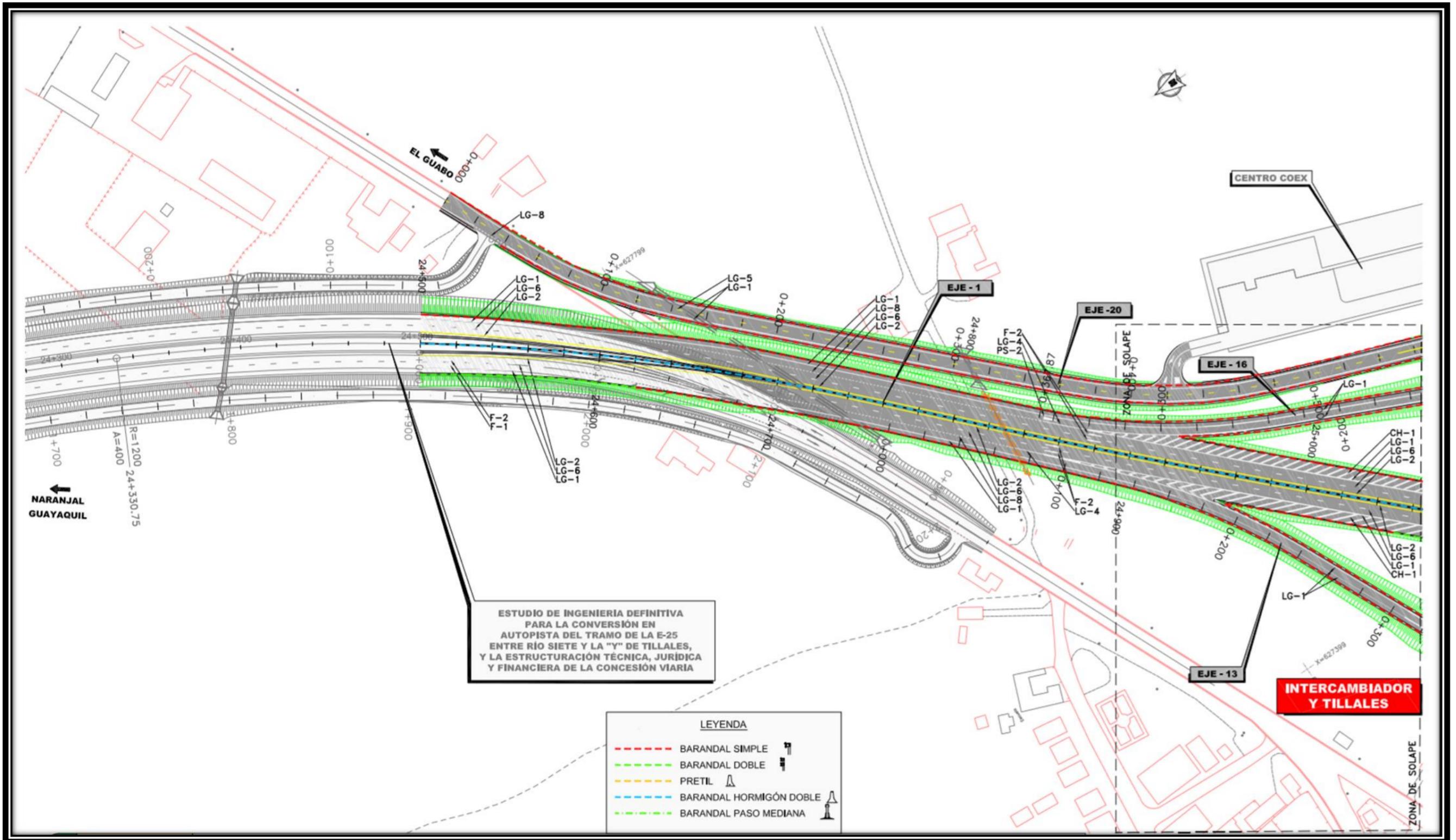
*Fuente: Red Vial del*

## ANEXO 3



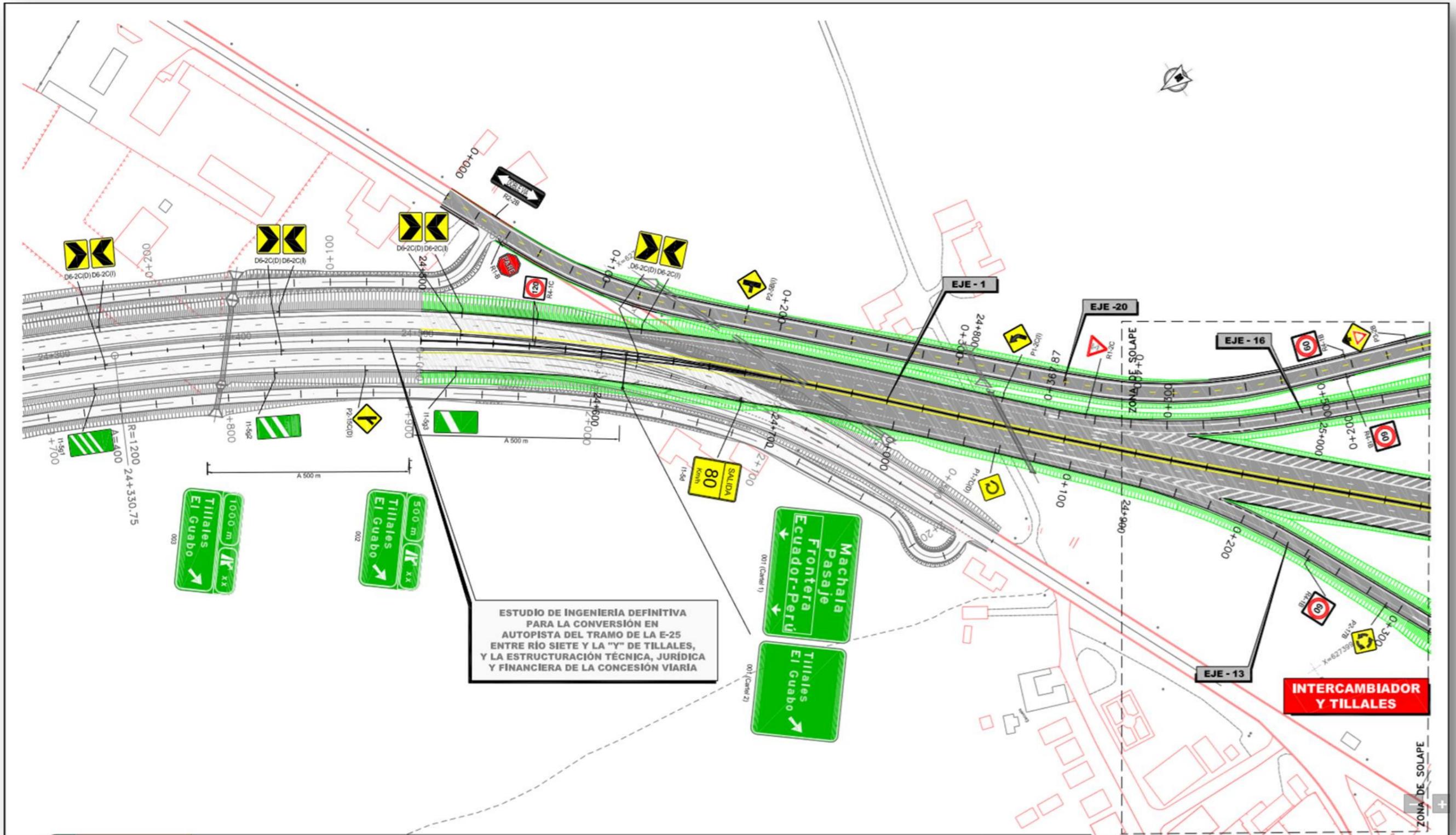


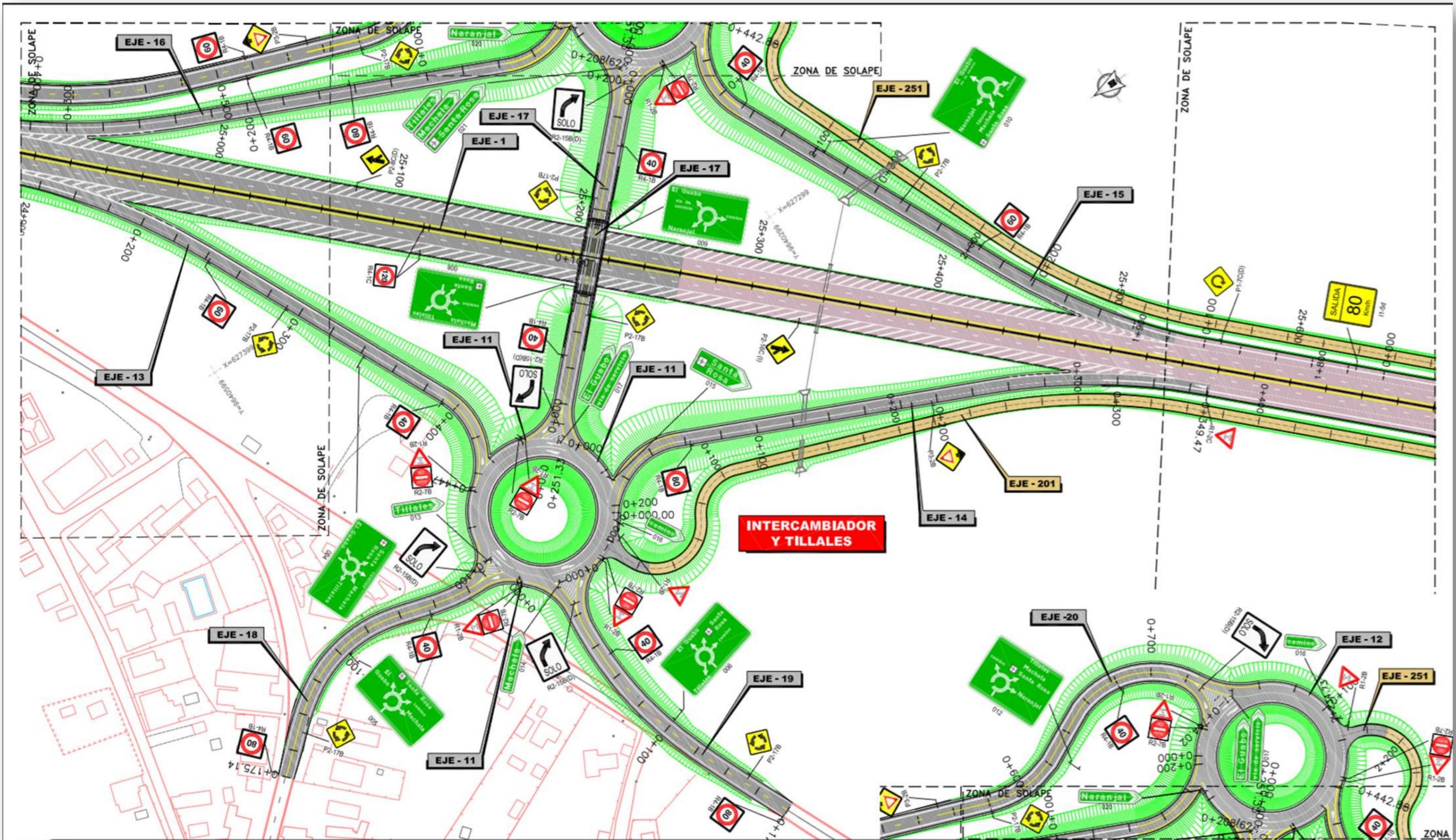
# **PLANOS**

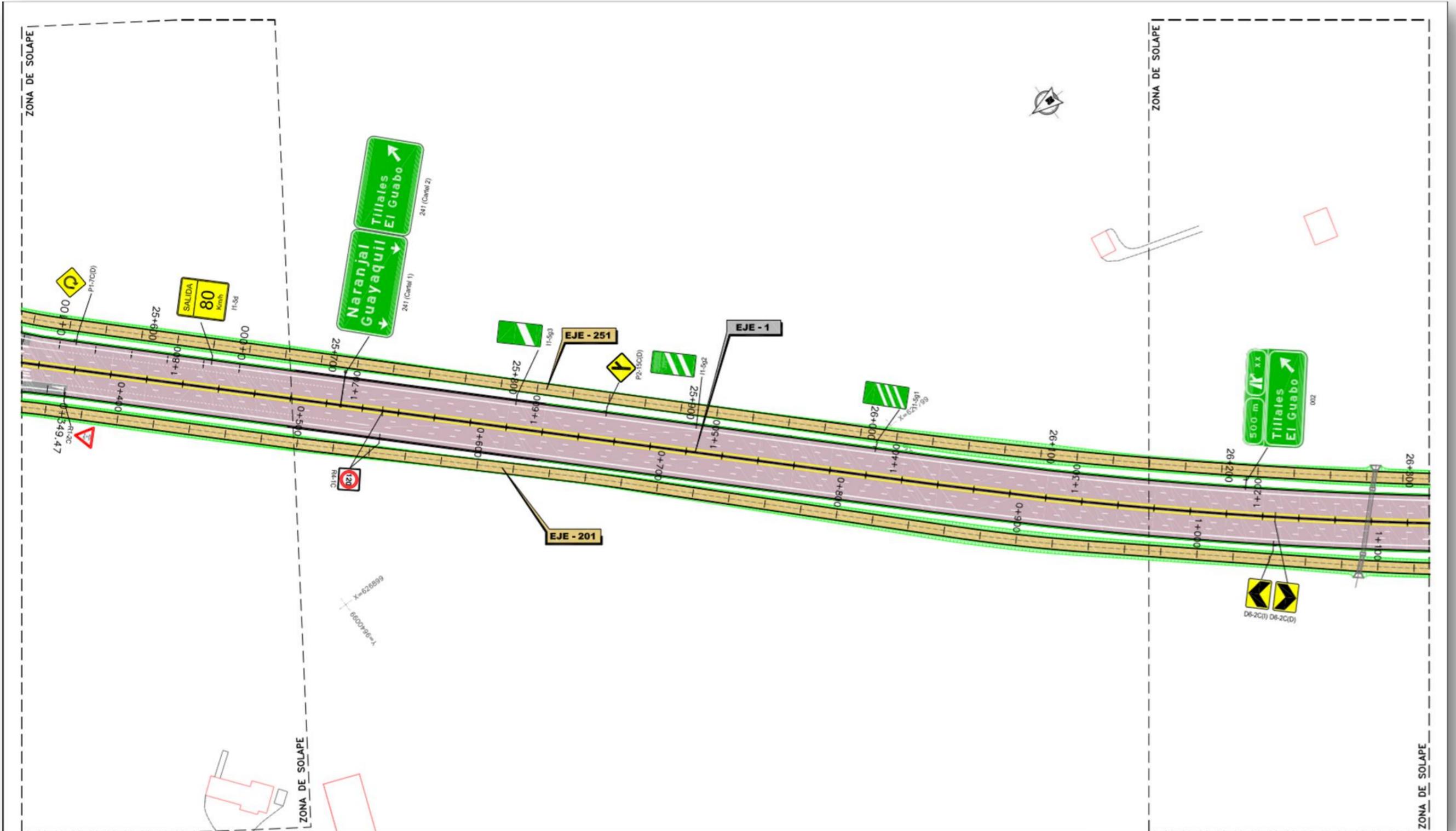


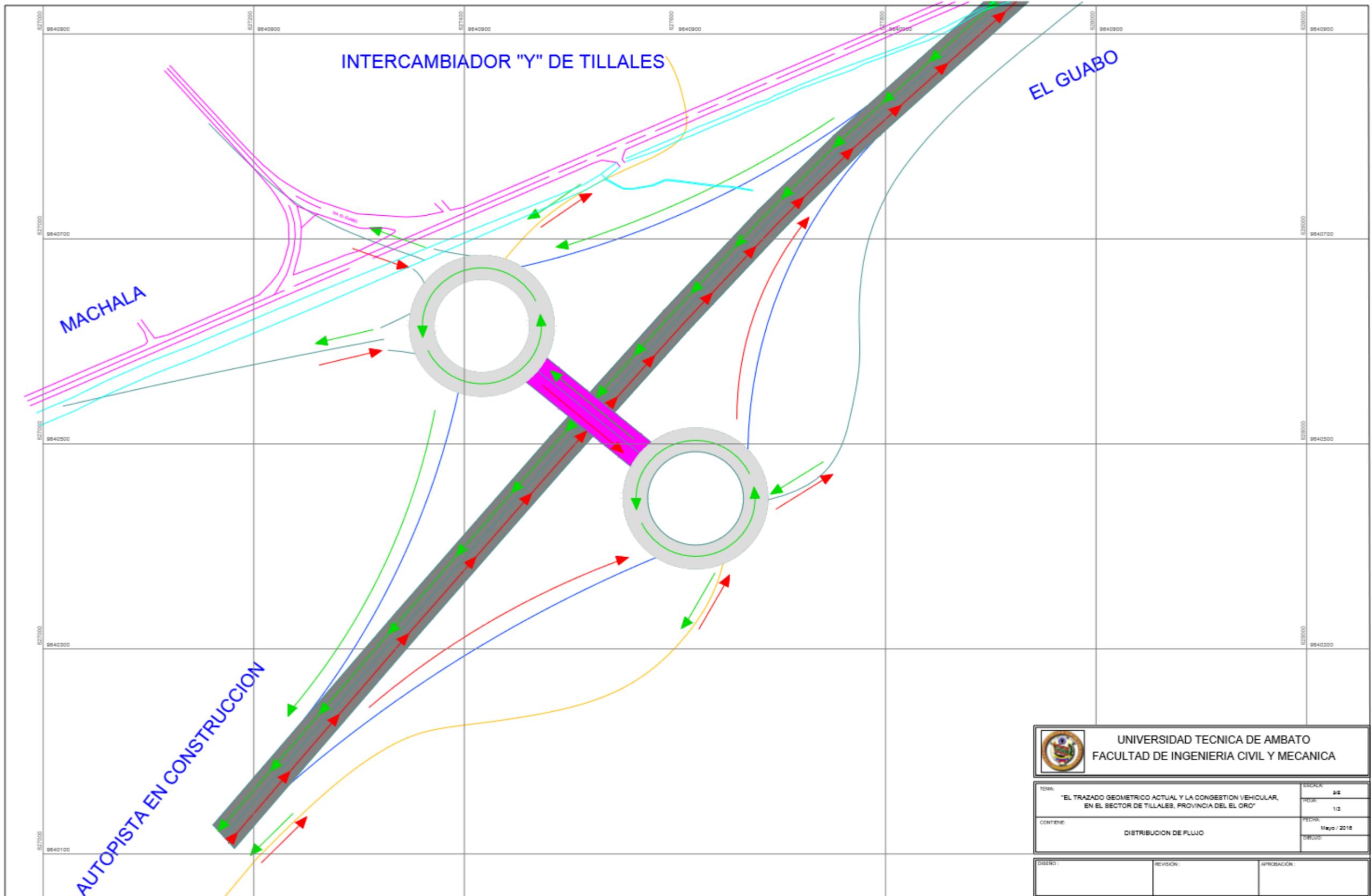












 UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
TEMA: "EL TRAZADO GEOMETRICO ACTUAL Y LA CONGESTION VEHICULAR, EN EL SECTOR DE TILLALES, PROVINCIA DEL EL ORO"	ESCALA: 1:1
CONTENIDO: DISTRIBUCION DE FLUJO	FECHA: Mayo / 2016
DISEÑO:	REVISOR:
APROBACION:	

# INTERCAMBIADOR "Y" DE TILIALES



		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO	
		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA	
TEMA:	"EL TRAZADO GEOMETRICO ACTUAL Y LA CONGESTION VEHICULAR, EN EL SECTOR DE TILIALES, PROVINCIA DEL EL ORO"		ESCALA: 5/1
			HOJA: 2/3
CONTIENE:	GEOMETRIA GENERAL		FECHA: Mayo / 2016
			08/2016
DISEÑO:	REVISIÓN:	APROBACIÓN:	

