

**PRÁCTICA SUPERVISADA**  
Informe Técnico Final

**Carrera: Ingeniería Civil**

**BERGAMASCO**  
**CARLA**

**DISEÑO GEOMÉTRICO CONEXIÓN**  
**VIAL RUTA 68 HASTA RUTA 78**  
Santiago de Chile - Chile

**TUTORA:**  
Inga. Berardo Ma. Graciela

**SUPERVISOR EXTERNO:**  
Ing. Bande Leandro

Septiembre 2015 - Córdoba, Argentina



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**  
Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales

# ÍNDICE



UNC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>MARCO DE DESARROLLO DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA.....</b>	<b>8</b>
ÁMBITO DE DESARROLLO .....	9
OBJETIVOS .....	9
ACTIVIDADES DESARROLLADAS .....	10
<b>RESUMEN INTRODUCTORIO .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO N° 1: RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. INFORMACIÓN DISPONIBLE.....	14
1.1.1. Ubicación .....	14
1.1.2. Entorno.....	15
1.2. TOPOGRAFÍA DE DETALLE.....	17
1.3. ANTECEDENTES .....	19
1.3.1. Plan Regulador Metropolitano de Santiago.....	19
1.3.2. Anteproyecto original .....	20
1.3.3. Estructuras existentes .....	20
<b>CAPÍTULO N° 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO .....</b>	<b>21</b>
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	22
2.1.1. Área de servicio:.....	22
2.1.2. Enlace Ruta 68: .....	24
2.1.3. Tramo central:.....	26
2.1.4. Enlace Ruta 78: .....	29
2.1.5. Etapa II: .....	30
2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	30
2.2.1. Costanera Norte - Sistema Oriente Poniente .....	30
2.2.2. Ruta 68.....	31
2.2.3. Ruta 78.....	31
2.3. NECESIDADES A SATISFACER .....	32
<b>CAPÍTULO N° 3: DISEÑO GEOMÉTRICO .....</b>	<b>33</b>
3.1. CONDICIONANTES DE DISEÑO .....	34
3.1.1. Función de la vía .....	34
3.1.2. Tránsito .....	34
3.1.3. Vehículo tipo .....	35
3.1.4. Topografía.....	35
3.1.5. Control de acceso.....	36
3.1.6. Categoría y Nivel de Servicio.....	36
3.1.7. Velocidad de proyecto.....	36
3.2. DISEÑO PLANIALTIMÉTRICO .....	38
3.3. COMPONENTES BÁSICOS DEL TRAZADO .....	39
3.3.1. Planimetría.....	39
3.3.2. Altimetría .....	47
3.3.3. Parámetros de Diseño Planialtimétricos .....	52
3.4. ADECUACIÓN DEL ANTEPROYECTO DEL AÑO 2012 .....	53
3.4.1. Planimetría.....	53
3.4.2. Altimetría .....	61
3.5. PERFIL TRANSVERSAL .....	63

ANTEPROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO “CONEXIÓN VIAL RUTA 68 HASTA RUTA 78”  
Santiago de Chile - Chile

---

---

3.5.1. Partes constituyentes .....	63
3.5.2. Perfil tipo del eje principal del proyecto: .....	64
3.5.3. Modificaciones del ancho de calzada .....	66
<b>CAPÍTULO Nº 4: ENLACES .....</b>	<b>69</b>
4.1. DEFINICIÓN .....	70
4.2. TIPOLOGÍAS ADOPTADAS EN EL DISEÑO .....	70
4.2.1. Enlace Ruta 68 .....	71
4.2.2. Enlace Callejón de los Perros .....	72
4.2.3. Enlace Viejo Límite .....	72
4.2.4. Enlace Ruta 78 .....	73
4.3. VELOCIDAD DE PROYECTO .....	74
4.4. ANCHO DE CALZADA NECESARIO EN RAMALES DE GIRO .....	75
4.4.1. Anchos de Bermas .....	77
4.5. PISTAS DE CAMBIO DE VELOCIDAD .....	80
4.5.1. Pistas de Aceleración .....	81
4.5.2. Pistas de Deceleración .....	83
4.6. NARICES: TERMINALES DE LOS RAMALES DE GIRO .....	86
4.6.1. Terminales de Salida .....	86
4.6.2. Terminales de Entrada .....	87
<b>CAPÍTULO Nº 5: VIALIDAD URBANA .....</b>	<b>89</b>
5.1. VIALIDADES ADOPTADAS .....	90
5.1.1. Vías troncales: .....	90
5.1.2. Vías colectoras: .....	91
5.1.3. Vías de servicio: .....	91
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>93</b>
ASPECTOS TÉCNICOS .....	94
DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES .....	95
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>99</b>
ANEXO Nº 1: TABLA RESUMEN PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE DISEÑO .....	100
ANEXO Nº 2: PERFILES TIPO .....	102
ANEXO Nº 3: PLANIMETRÍA GENERAL .....	120
ANEXO Nº 4: PLANIALTIMETRÍA .....	126

## ÍNDICES DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: UBICACIÓN DEL ANTEPROYECTO .....	14
ILUSTRACIÓN 2: CUENCA DE SANTIAGO .....	15
ILUSTRACIÓN 3: PERFIL TRANSVERSAL – 33º LATITUD SUR .....	15
ILUSTRACIÓN 4: HIDROGRAFÍA DEL GRAN SANTIAGO .....	16
ILUSTRACIÓN 5: SISTEMA LIDAR.....	17
ILUSTRACIÓN 6: SUPERFICIE DIGITALIZADA DEL TERRENO OBTENIDA CON EL SISTEMA LIDAR.....	18
ILUSTRACIÓN 7: PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE SANTIAGO (PRMS).....	19
ILUSTRACIÓN 8: CONEXIÓN VIAL RUTA 68 HASTA RUTA 78 .....	22
ILUSTRACIÓN 9: COSTANERA NORTE - ÁREA DE SERVICIO – SITUACIÓN ACTUAL.....	23
ILUSTRACIÓN 10: COSTANERA NORTE - ÁREA DE SERVICIO – SITUACIÓN PROYECTADA.....	24
ILUSTRACIÓN 11: ENLACE COSTANERA NORTE Y RUTA 68 – SITUACIÓN ACTUAL.....	24
ILUSTRACIÓN 12: RUTA 68 – SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECTADA .....	25
ILUSTRACIÓN 13: ENLACE COSTANERA NORTE Y RUTA 68 – SITUACIÓN PROYECTADA.....	26
ILUSTRACIÓN 14: ENLACE CALLEJÓN DE LOS PERROS – SITUACIÓN PROYECTADA .....	27
ILUSTRACIÓN 15: EMPALME ETAPA II – SITUACIÓN PROYECTADA .....	28
ILUSTRACIÓN 16: ENLACE VIEJO LÍMITE – SITUACIÓN PROYECTADA .....	29
ILUSTRACIÓN 17: ENLACE RUTA 78 – SITUACIÓN PROYECTADO .....	30
ILUSTRACIÓN 18: VIALIDAD INVOLUCRADA EN EL ANTEPROYECTO - GRAN SANTIAGO .....	32
ILUSTRACIÓN 19: DISTRIBUCIÓN VELOCIDAD DE PROYECTO – EJE PRINCIPAL .....	37
ILUSTRACIÓN 20: EJE PRINCIPAL DEL PROYECTO .....	38
ILUSTRACIÓN 21: ESQUEMA DE UNA CURVA HORIZONTAL DEL PROYECTO .....	40
ILUSTRACIÓN 22: ESQUEMA DE FUERZAS EN UNA CURVA HORIZONTAL .....	40
ILUSTRACIÓN 23: GRAFICO VALORES PARA DISEÑO DE PERALTE SEGÚN RADIO DE CURVA. FUENTE: MC-V3. ....	45
ILUSTRACIÓN 24: EJEMPLO DE DIAGRAMA DE PERALTE DE CURVA HORIZONTAL PROYECTADA .....	46
ILUSTRACIÓN 25: VARIACIÓN DEL PERALTE .....	47
ILUSTRACIÓN 26: EJEMPLO CURVA VERTICAL CONVEXA PROYECTADA .....	50
ILUSTRACIÓN 27: EJEMPLO CURVA VERTICAL CÓNCAVA PROYECTADA.....	51
ILUSTRACIÓN 28: IMAGEN COMPARATIVA TRAZA EJE PRINCIPAL. ROJO: ANTEPROYECTO ORIGINAL. GRIS: ANTEPROYECTO ENTREGADO .....	56
ILUSTRACIÓN 29: IMAGEN COMPARATIVA TRAZA LAZO SUR-PONIENTE, ENLACE R68. ROJO: ANTEPROYECTO ORIGINAL. GRIS: ANTEPROYECTO ENTREGADO .....	57
ILUSTRACIÓN 30: EJEMPLO PISTA SEGREGADA PROYECTADA.....	58
ILUSTRACIÓN 31: PISTA COLECTORA - DISTRIBUIDORA PROYECTADA .....	59
ILUSTRACIÓN 32: SOLUCIÓN ADOPTADA EMPALME ETAPA II.....	61
ILUSTRACIÓN 33: FALTA DE COORDINACIÓN PLANIALTIMÉTRICA DEL ANTEPROYECTO ORIGINAL. PENDIENTE LONGITUDINAL < 0,50%.....	62
ILUSTRACIÓN 34: PERFIL TIPO EJE PRINCIPAL TRAMO 1, PRIMERA ETAPA DE EJECUCIÓN. ....	65
ILUSTRACIÓN 35: PERFIL TIPO EJE PRINCIPAL TRAMO 1, SEGUNDA ETAPA DE EJECUCIÓN.....	66
ILUSTRACIÓN 36: PERFIL TIPO EJE PRINCIPAL TRAMO 2.....	66
ILUSTRACIÓN 37: REFERENCIAS PERFILES TIPO EJE PRINCIPAL TRAMO 1 Y 2 .....	66
ILUSTRACIÓN 38: EJEMPLO AUMENTO DE UNA PISTA. ....	68
ILUSTRACIÓN 39: EJEMPLO ELIMINACIÓN DE DOS PISTAS. ....	68
ILUSTRACIÓN 40: ENLACE VÍA PRINCIPAL Y RUTA 68 .....	71
ILUSTRACIÓN 41: ENLACE CALLEJÓN DE LOS PERROS.....	72
ILUSTRACIÓN 42: ENLACE VIEJO LÍMITE .....	73
ILUSTRACIÓN 43: ENLACE VÍA PRINCIPAL Y RUTA 78 .....	73
ILUSTRACIÓN 44: EJEMPLOS DE RADIOS MÍNIMOS DE GIRO DE DISTINTOS VEHÍCULOS TIPO. FUENTE: MC-V3. ....	76

ANTEPROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO “CONEXIÓN VIAL RUTA 68 HASTA RUTA 78”  
Santiago de Chile - Chile

---

ILUSTRACIÓN 45: EJEMPLO PERFIL TIPO: LAZO PONIENTE-NORTE ENLACE R68 .....	80
ILUSTRACIÓN 46: EJEMPLO PISTA DE ACCELERACIÓN: LAZO SUR-PONIENTE ENLACE R68 .....	83
ILUSTRACIÓN 47: LONGITUD DE DESACELERACIÓN DE PISTAS DE DESACELERACIÓN. FUENTE: MC-V3. ....	85
ILUSTRACIÓN 48: EJEMPLO PISTA DE DESACELERACIÓN: LAZO PONIENTE-NORTE ENLACE R68 .....	86
ILUSTRACIÓN 49: EJEMPLO NARIZ EN TERMINAL DE SALIDA: LAZO PONIENTE-NORTE ENLACE R68 .....	87
ILUSTRACIÓN 50: EJEMPLO NARIZ EN TERMINAL DE ENTRADA: LAZO SUR-PONIENTE ENLACE R68 .....	88
ILUSTRACIÓN 51: PERFIL TIPO - CALLE TRONCAL CALLEJÓN DE LOS PERROS .....	91
ILUSTRACIÓN 52: PERFIL TIPO - CALLE DE SERVICIO .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: VALORES MÁXIMO ADMISIBLES DE PERALTE Y DE FRICCIÓN LATERAL EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE LA CARRETERA Y DE SU VELOCIDAD DE PROYECTO. FUENTE: MC-V3 .....	42
TABLA 2: VALORES MÍNIMOS DE DISEÑO DE ELEMENTOS CURVOS RELACIONADOS CON LA VELOCIDAD DE PROYECTO. FUENTE: MC-V3.....	42
TABLA 3: VALORES MÍNIMOS DE DISEÑO DEL PARÁMETRO DE CLOTOIDE EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE PROYECTO. FUENTE: MC-V3.....	44
TABLA 4: VALORES DESEABLES, MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE LA PENDIENTE RELATIVA DE BORDE DE CALZADA. FUENTE: MC-V3. ....	46
TABLA 5: VALORES DE PENDIENTE LONGITUDINAL MÁXIMA SEGÚN CATEGORÍA Y VELOCIDAD DE PROYECTO DE LA VÍA. FUENTE: MC-V3.....	48
TABLA 6: PARÁMETROS MÍNIMOS EN CURVAS VERTICALES POR CRITERIO DE VISIBILIDAD DE PARADA. FUENTE: MC-V3. ...	50
TABLA 7: PARÁMETROS MÍNIMOS EN CURVAS VERTICALES POR CRITERIO DE VISIBILIDAD DE PARADA. FUENTE: MC-V3. ...	51
TABLA 8: $V_{85\%}$ EN FUNCIÓN DE LA LONGITUD DE RECTA Y VELOCIDAD DE PROYECTO. FUENTE: MC-V3. ....	54
TABLA 9: RADIO DE CURVAS HORIZONTALES EN FUNCIÓN VELOCIDAD ESPECÍFICA. FUENTE: MC-V3. ....	55
TABLA 10: VELOCIDAD DE PROYECTO MÍNIMA PARA RAMALES DE ENLACES. FUENTE: MC-V3.....	75
TABLA 11: ANCHO MÍNIMO DE BERMAS EN RAMALES DE ENLACE. FUENTE: MC-V3. ....	78
TABLA 12: ANCHO MÍNIMO DE PAVIMENTO EN RAMALES DE ENLACE SEGÚN RADIO DE LOS MISMOS. FUENTE: MC-V3. ...	78
TABLA 13: LONGITUDES DE CUÑA DE TRANSICIÓN Y DE ACELERACIÓN DE PISTA DE ACELERACIÓN. FUENTE: MC-V3. ....	82
TABLA 14: LONGITUDES DE CUÑA DE TRANSICIÓN DE PISTA DE DESACELERACIÓN. FUENTE: MC-V3. ....	85
TABLA 15: LONGITUDES NECESARIAS PARA LA REDUCCIÓN DEL ANCHO DE PAVIMENTO. FUENTE: MC-V3. ....	88

# MARCO DE DESARROLLO DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA



UNC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales



## ÁMBITO DE DESARROLLO

El presente escrito, denominado “Informe Técnico Final”, es el resultado de los trabajos desarrollados en el marco de la realización de la materia Práctica Supervisada correspondiente a la carrera Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

La Práctica Supervisada fue realizada en el Estudio de Ingeniería “Vanoli y Asociados Ingeniería S.R.L.” durante los meses de Marzo y Abril del corriente año donde se desempeñaron tareas relacionadas con la actividad profesional de la Ingeniería Civil.

Los tutores designados para el seguimiento durante la ejecución de la Práctica Supervisada fueron la Inga. Berardo Ma. Graciela por parte de la Universidad Nacional de Córdoba y el Ing. Bande Leandro por parte de la empresa.

Las tareas llevadas a cabo responden, principalmente, al diseño geométrico, a nivel de anteproyecto, de una autopista suburbana que vincula dos importantes vías para el desarrollo económico del país donde se localiza, la Ruta 68 al Norte y la Ruta 78 al Sur, denominada “Conexión vial Ruta 68 hasta Ruta 78” la cual se encuentra localizada al Oeste de la ciudad de Santiago de Chile y su área metropolitana, llamado Gran Santiago, en el país limítrofe de Chile.

El objetivo principal de dicha obra es mejorar la conexión entre importantes áreas de la metrópolis, enormemente distanciadas entre sí, además de lograr una comunicación directa entre dos grandes vías comerciales que comunican la Capital Nacional del mencionado país con los grandes puertos que éste posee.

Los trabajos realizados corresponden a la etapa de anteproyecto de la autopista urbana, incluyendo tanto el diseño digital del modelo, como la confección de diversos planos y documentos necesarios para la presentación a las entidades correspondientes.

## OBJETIVOS

Entre los objetivos del desarrollo de la Práctica Supervisada pueden distinguirse tanto objetivos personales como profesionales que a continuación se citan:

1. Personales:
  - ✓ Completar la formación académica con experiencia laboral asesorada y supervisada en la empresa.
  - ✓ Integración a un grupo de trabajo conformado por profesionales y técnicos de distintas especialidades en el desarrollo de un proyecto de ingeniería específico.
  - ✓ Aprender a trabajar en un equipo multidisciplinario en un medio laboral.

- ✓ Afianzar, profundizar y ampliar los conocimientos adquiridos durante el cursado de la carrera de Ingeniería Civil.
- ✓ Desarrollo de criterio para la solución de diversos problemas propios de la actividad profesional.
- ✓ Aplicar a un proyecto los conocimientos, habilidades y destrezas aprendidos durante el transcurso de los 5 años de la carrera.
- ✓ Seleccionar con criterio el material bibliográfico a consultar durante la ejecución de las tareas correspondientes.
- ✓ Aprender y afianzar el conocimiento de programas computacionales necesarios para desarrollar modelos útiles en el diseño vial. Comprender que éstas son herramientas de trabajo pero que, de ninguna manera, suplen al razonamiento y entendimiento que debe realizar un ingeniero.

## 2. Profesionales:

- ✓ Comprender la responsabilidad que implica el desarrollo de una actividad profesional y de cada decisión tomada en un proyecto.
- ✓ Conciencia sobre los plazos de entrega y conceptos técnico-económicos que se manejan en este tipo de obras.
- ✓ Elaborar planos, documentos técnicos e informes que permitan transmitir las conclusiones obtenidas de manera clara y completa.
- ✓ Comprender el proyecto de manera global a partir del análisis e interpretación de la información disponible como planos, bibliografía y estudios varios, proyectos previos, etc.
- ✓ Entender el protagonismo del problema a resolver dentro del entorno global del proyecto y cómo se relaciona éste con los demás componentes del mismo.
- ✓ Seleccionar con criterio el material bibliográfico a consultar durante la ejecución de las tareas correspondientes.
- ✓ Adquirir las herramientas profesionales para discutir sobre cuestiones particulares del proyecto, explicar las decisiones adoptadas que hacen a la funcionalidad del proyecto.

## **ACTIVIDADES DESARROLLADAS**

Durante el desarrollo de la Práctica Profesional se formó parte de un equipo de trabajo y participó en las diferentes etapas del proceso de diseño geométrico de la autopista en cuestión, desde el análisis de la información disponible y estudio de la normativa correspondiente, hasta la confección de diferentes planos y redacción de documentos necesarios tanto para el entendimiento integral del proyecto presentado, como para la justificación de cada decisión tomada en las diferentes etapas desarrolladas.

# RESUMEN INTRODUCTORIO



UNC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales

El trabajo siguiente trata sobre el anteproyecto presentado al comitente quien encargó el diseño geométrico de una autopista urbana con cuatro intercambiadores a distinto nivel, denominados enlaces; el mismo se encuentra emplazado al Este del Río Mapocho en el área metropolitana de Santiago de Chile, Chile. Éste contempla el desarrollo de una vía expresa de más de 9 km. que enlazará la Ruta 68, al norte, con la Ruta 78, al sur, entre las comunas, pertenecientes al Gran Santiago, de Pudahuel y Maipú respectivamente.

En el presente informe se desarrolla en primer lugar, en el Capítulo N° 1, el análisis de la información disponible y obtenida respecto al entorno de emplazamiento del proyecto y los requisitos del mandante. Además se cuenta con diseños predecesores de los diferentes elementos que conforman el proyecto que no cumplen en su totalidad con la normativa vigente, por lo cual se debió proceder a la comprobación de las partes del mismo y adecuarlos según los requerimientos tanto normativos como aquellos realizados por el mandante o comitente y los impuestos por el entorno del emplazamiento.

Una vez definido y posicionado el proyecto en un lugar, en el segundo capítulo se define cada parte del mismo y se intenta explicar el porqué del desarrollo y ejecución del mismo.

En el siguiente capítulo se desarrolla en primera medida una introducción al diseño planialtimétrico con los diferentes condicionantes del mismo y todos los elementos que conforman el trazado tanto en planta como en alzado, para luego entender de mejor manera las modificaciones realizadas al anteproyecto original.

Luego se dedica un capítulo aparte, por la relevancia que posee su diseño e implementación dentro del proyecto, a los enlaces. Estos resuelven los problemas derivados de la confluencia entre dos vías y, en el caso del presente proyecto, en la vía principal no se permite la detención del flujo vehicular ni las interferencias y fricciones que un cruce produce en la circulación.

Por último, antes de presentar las conclusiones derivadas de la realización del proyecto y del presente informe, se hace una breve justificación del desarrollo de vialidad urbana en inmediaciones del proyecto en cuestión y la funcionalidad que esta cumple dependiendo de la tipología adoptada.

Debido a que el presente proyecto se encuentra localizado en el país limítrofe República de Chile, la terminología utilizada en el siguiente informe será la correspondiente a dicho país, ya que el diseño de la vía se basó exclusivamente en la norma vigente chilena.

**CAPÍTULO Nº 1:**  
**RECOPILOCIÓN Y**  
**ANÁLISIS DE LA**  
**INFORMACIÓN**



UNC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales

## 1.1. INFORMACIÓN DISPONIBLE

### 1.1.1. Ubicación

El proyecto se localiza al Oeste del área metropolitana de la ciudad de Santiago (Gran Santiago), capital nacional de la República de Chile, país limítrofe al Oeste con la República Argentina.

La República de Chile se encuentra dividida político-administrativamente en diferentes regiones, donde el Gran Santiago se encuentra en la llamada Región Metropolitana ubicada en el Centro-Oriente de Chile; aquella es la más pequeña de todas las regiones, pero es también, la más habitada. La región está compuesta por las provincias de Chacabuco, Cordillera, Maipo, Melipilla, Santiago y Talagante, siendo la capital regional la ciudad de Santiago de Chile.

Santiago no constituye una sola unidad administrativa sino, por el contrario, forma parte del territorio de 37 comunas, de las cuales la mayor parte de ellas se encuentran dentro de la provincia de Santiago. Por su parte, el desarrollo del anteproyecto se encuentra emplazado en paralelo hacia el Este del Río Mapocho, entre las comunas de Maipú y Pudahuel, por lo que está contenido íntegramente dentro de los límites de la provincia de Santiago, la cual se extiende entre los paralelos 33 y 34 de Latitud Sur y entre 70 y 71 de Longitud Oeste a una altitud media de 567 msnm.

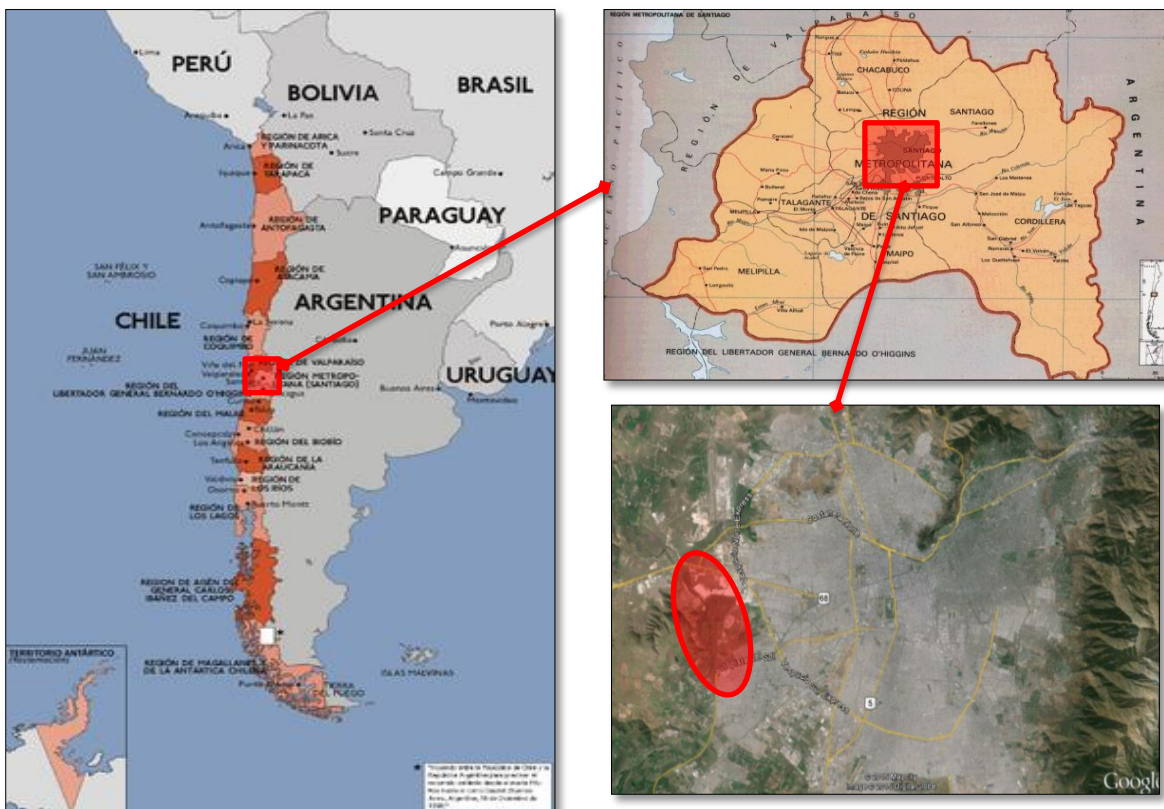


Ilustración 1: Ubicación del Anteproyecto

### 1.1.2. Entorno

El entorno en donde se desarrolla el proyecto es de gran importancia en el momento del diseño, ya que condiciona al mismo, tanto en planta como en alzado.

#### 1.1.2.1. Relieve

La ciudad de Santiago y su área metropolitana, es decir, el Gran Santiago, está emplazado principalmente en la parte central de un llano conocido como “cuenca de Santiago”. Esta cuenca es parte de la Depresión Intermedia, la cual está delimitada claramente por el cordón de Chacabuco por el Norte, la Cordillera de los Andes por el Este, la angostura de Paine por el Sur y la Cordillera de la Costa al Oeste. Aproximadamente, tiene una longitud de 100 km en dirección norte-sur y de 35 km de este a oeste.



Ilustración 2: Cuenca de Santiago

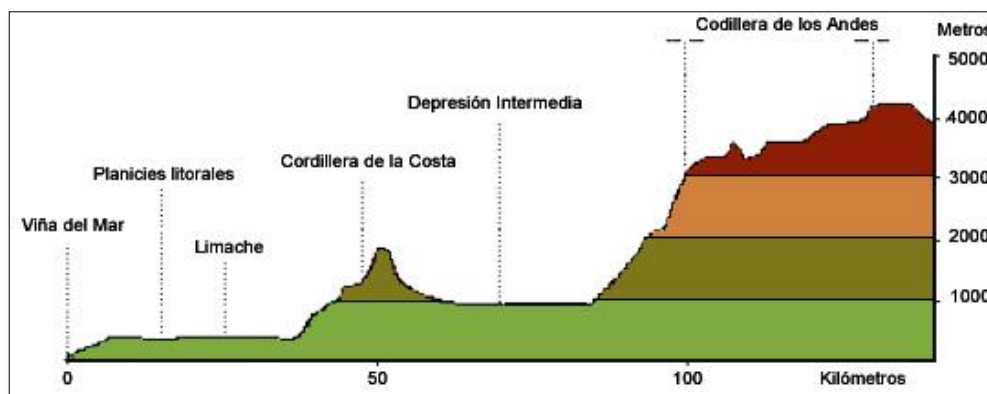


Ilustración 3: Perfil transversal – 33° Latitud Sur

El Gran Santiago yace en la cuenca con una altitud entre los 400 metros sobre el nivel del mar en las zonas más occidentales y llegando a los 540 en la zona de Cordillera, presentando algunos lomajes. El área metropolitana ha rodeado algunos cerros, denominados cerros islas, donde el punto más alto de la ciudad alcanza los 800 msnm.

### 1.1.2.2. Hidrografía

La ciudad de Santiago está enclavada en la cuenca hidrográfica del río Maipo, que abarca una superficie aproximada de 15.380 km<sup>2</sup>. El cauce principal nace en la cordillera al sureste de Santiago, en los faldeos del volcán homónimo y desciende por la cordillera en forma de un cañón conocido como el Cajón del Maipo. En esta zona confluyen tres importantes cauces tributarios: el río Volcán que nace bajo el volcán San José, el río Yeso en cuyo cauce superior se localiza el embalse El Yeso que es la principal reserva de agua potable para toda la Región Metropolitana, y el río Colorado. Tras salir de la zona de la pre-cordillera, el Maipo ingresa a la cuenca de Santiago, pasando por el sur del radio urbano del Gran Santiago, marcando la frontera entre la comuna de Puente Alto y la recién incorporada comuna de Pirque. Posteriormente el río se aleja hacia el suroeste, siendo de gran importancia para el desarrollo agrícola en las zonas rurales en torno a Santiago, para seguir finalmente su camino hacia el océano Pacífico.

Sin embargo, el río más importante para la ciudad es el río Mapocho, en cuyas riberas se forjó la urbe. El Mapocho es el principal afluente del Maipo, juntándose con éste al suroeste de la conurbación. El río surge por la confluencia de varios esteros de la zona nororiente de los Andes de la Región Metropolitana y posteriormente baja hasta el llano a través de desfiladeros de la pre-cordillera y penetra directamente en la zona este de la ciudad. El Mapocho cruza en sentido este-oeste cerca de veinte comunas metropolitanas antes de salir por la zona de Pudahuel para luego recorrer zonas agrícolas hasta llegar al Río Maipo.

Con el objetivo de coleccionar las aguas de lluvias provenientes de la cordillera y conducir las hacia el Río Mapocho fueron construidos varios canales, como el zanjón de la Aguada, el cual es de gran importancia en este caso ya que debe ser atravesado por el proyecto en cuestión.

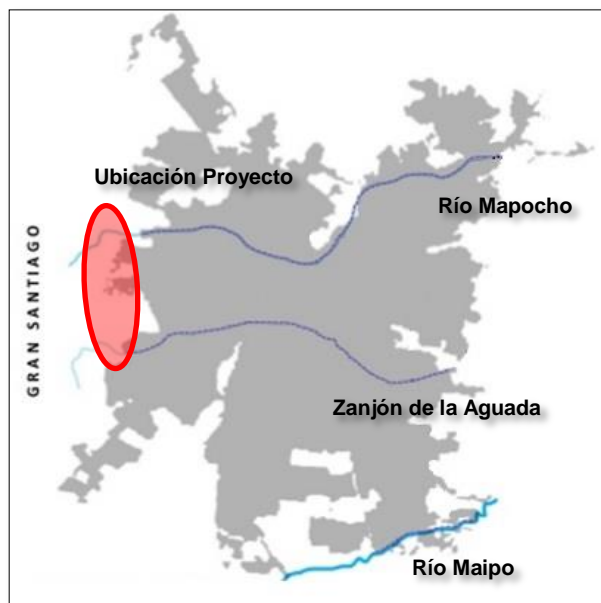


Ilustración 4: Hidrografía del Gran Santiago



### 1.1.2.3. Clima

El clima de la ciudad de Santiago corresponde a un clima templado-cálido con veranos secos y templados e inviernos lluviosos y frescos, más conocido como clima mediterráneo continentalizado.

El clima cobra gran relevancia a la hora de llevar a cabo el proyecto, es decir en la etapa constructiva del mismo, según los materiales que se utilicen deben tomarse los recaudos necesarios para lograr un producto final de calidad.

## 1.2. TOPOGRAFÍA DE DETALLE

El relevamiento del terreno donde se posiciona el proyecto se realizó mediante la tecnología **LIDAR** (Light Detection and Ranging). Éste es una técnica de levantamiento topográfico usando sistemas aerotransportados, que generan rayos láser, cuyo rebote sobre la superficie del terreno, permite calcular las coordenadas del punto de incidencia de la señal, al estar el equipo referido a un sistema GPS.

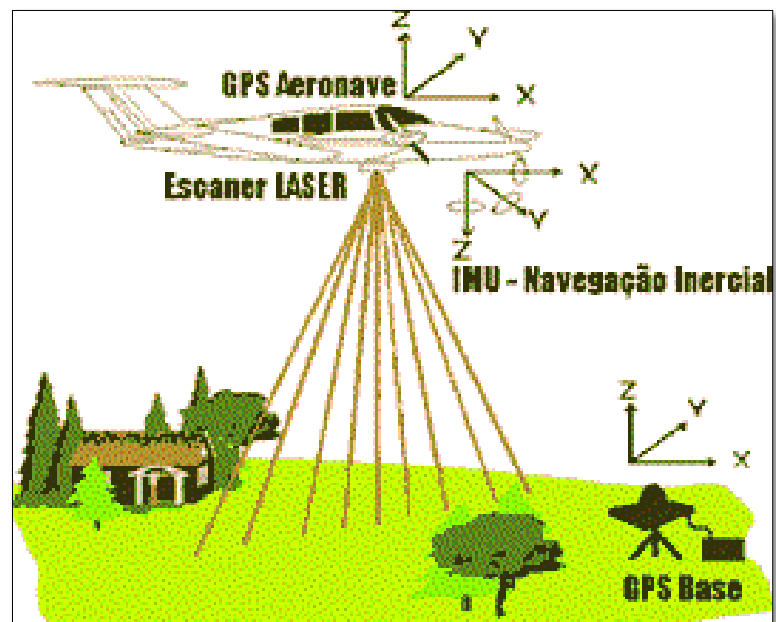


Ilustración 5: Sistema LIDAR

Generalmente la aeronave es un helicóptero que se desplaza a una velocidad de alrededor de 90 km/h y habitualmente a una altura media de 300 a 400 m sobre el nivel del suelo. El equipo de medición está constituido por un generador/receptor de rayos láser que opera en forma similar a un distanciómetro, el que está sincronizado con un equipo GPS a bordo y otro ubicado en tierra, sobre un punto de coordenada y cota conocida. Los equipos GPS deben ser del tipo geodésico y deben tener una alta capacidad de grabación de datos, ya que en la práctica se trabaja como un sistema GPS en operación cinemática.

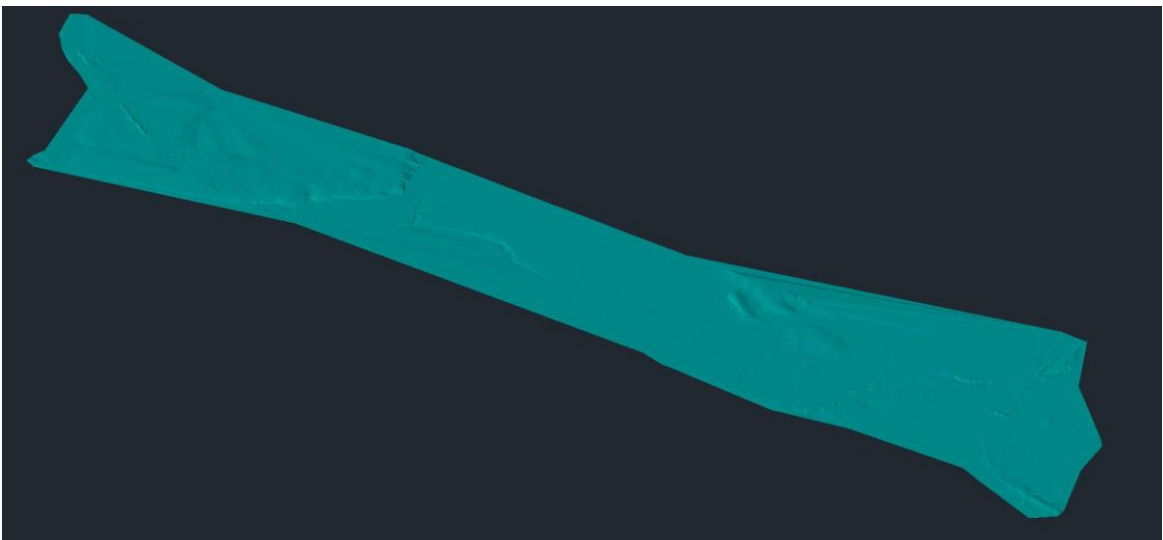
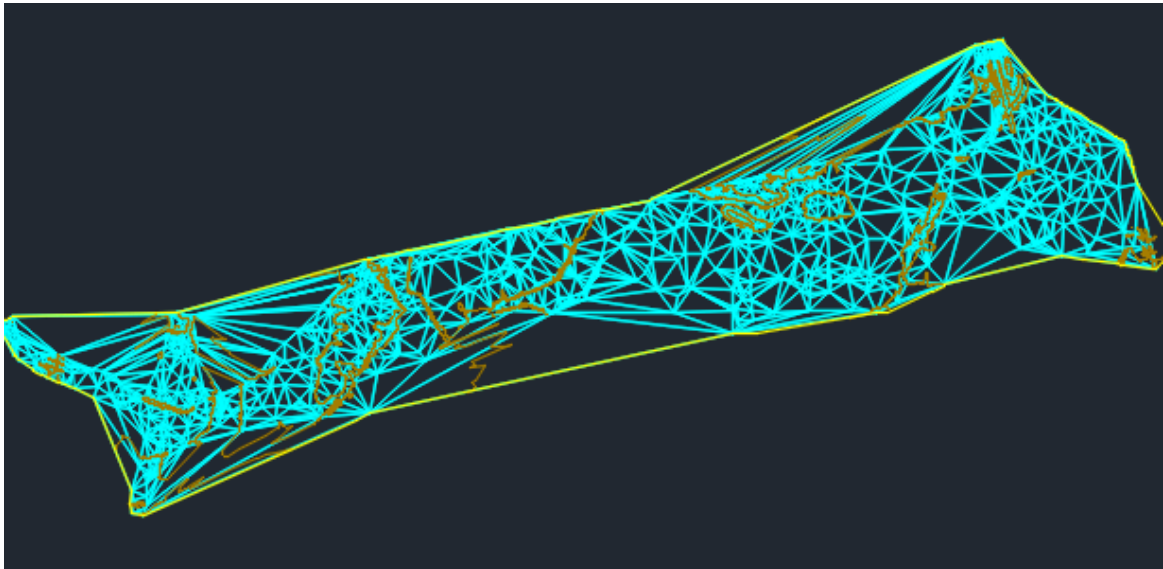
El sistema genera rayos láser que permiten un muestreo mayor que 100.000 pulsos por segundo, los que procesados permiten determinar las coordenadas (x,y,z) con gran precisión y con densidades que superan los 4 puntos por m<sup>2</sup>.

El vuelo da como resultado:

- El archivo digital de los puntos con coordenadas (x,y,z)
- El plano de planta con curvas de nivel a la equidistancia especificada
- Fotografía en colores de la faja levantada (ortofoto) con pixels de 0,15 x 0,15m.

Principales ventajas del sistema:

- Alta precisión.
- En zonas boscosas, la gran cantidad de puntos muestreados permite que al menos que un porcentaje de ellos llegue hasta el terreno.
- Resultados obtenidos en pocos días.
- Las referencias sobre las que se instala el GPS terrestre puede distar entre 20 y 30 km, sin necesidad de penetrar en la zona de relevamiento.
- Las determinaciones no depende del grado de iluminación de los diversos sectores que se están levantando, pudiéndose relevar incluso puntos cercanos de cotas muy diferentes.



**Ilustración 6: Superficie digitalizada del terreno obtenida con el sistema LIDAR**

### 1.3. ANTECEDENTES

Existen tres tipos de antecedentes fundamentales que condicionan el trazado de los elementos del proyecto, uno relacionado con la planificación urbana que tiene la ciudad y área metropolitana de Santiago, otro concerniente a intentos precedentes de trazado geométrico del proyecto en cuestión y otro respecto a las estructuras existentes que deben ser mantenidas y/o rehabilitadas.

#### 1.3.1. Plan Regulador Metropolitano de Santiago

A través del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRSM), se prevé las futuras vías principales y los usos de suelos que van a regir en un futuro en la ciudad. Esto permite saber de antemano cuales vías van a ser atravesadas por la autopista a proyectar y contemplarlas mediante estructuras que permitan el paso de un lado al otro o acceso a las diferentes vías de mayor jerarquía y el diseño de calles colectoras que comuniquen dichos pasos interprediales o intercambiadores.

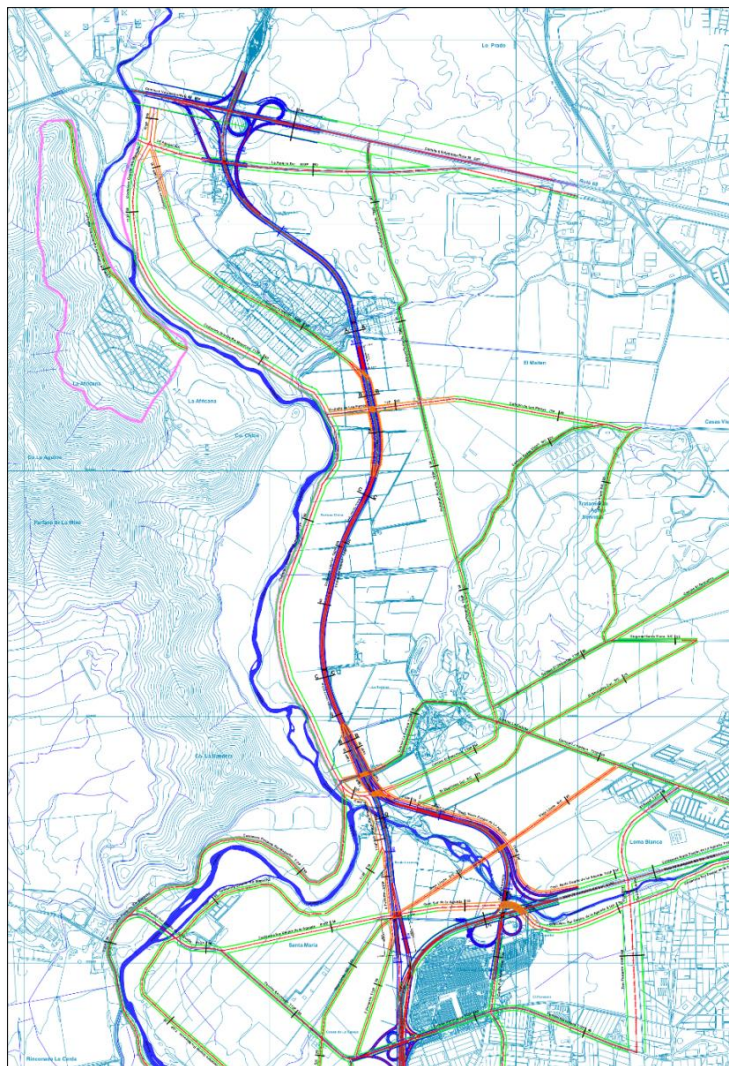


Ilustración 7: Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS)

### **1.3.2. Anteproyecto original**

El diseño geométrico de la autopista urbana denominada “Conexión Vial de Ruta 68 hasta Ruta 78” presenta varias tentativas de trazados, no sólo realizados en distintos momentos y en diferentes partes separadamente, sino también por distintos proyectistas; siendo la última versión la del anteproyecto presentado en el año 2012.

### **1.3.3. Estructuras existentes**

En un tramo del proyecto, hoy, existen estructuras que por requerimientos del comitente deben ser en algunos caso mantenidas, como por ejemplo el viaducto que pasa por sobre la Ruta 68 y en otros caso deben ser refuncionalizadas y rehabilitadas, como lo son las calzadas del área de servicio. Esto se entenderá con mayor claridad en el siguiente punto.

Como puede notarse, éste fue el punto de partida para el equipo técnico a quien se le encomendó la tarea de la realización del anteproyecto anteriormente mencionado, el cual llevó a cabo el proceso de validación y complementación de estos antecedentes y a partir de allí surgieron una serie de ajustes y modificaciones tanto en planta como en altimetría.

Para el trazado geométrico existen distintos condicionantes: normativos, requerimientos del mandante, los dados por el PRMS, los naturales, los antropológicos y otros que surgen del buen diseño vial y el criterio profesional del proyectista.

Por ende el anteproyecto presentado resulta de la adaptación del anteproyecto original (año 2012), el diseño conceptual consensuado con el mandante y los términos plasmados en el PRSM.

**CAPÍTULO Nº 2:**  
**GENERALIDADES**  
**DEL PROYECTO**



**UNC**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

**Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales**

## 2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se trata de una autopista urbana con cuatro intersecciones a distinto nivel o enlaces de diferentes tipologías. Éste contempla la habilitación de un corredor vial expreso de más de 9 km. que conectará la Autopista Costanera Norte, a partir de la intersección con la Autopista del Pacífico (Ruta 68), con la Autopista del Sol (Ruta 78) entre las comunas de Pudahuel y Maipú respectivamente.

La Iniciativa Privada N° 352 “Conexión Vial Ruta 78 hasta Ruta 68”, constituye la extensión de la autopista Costanera Norte comprendida entre la intersección de ésta con la Ruta 68, al norte, desarrollándose en una primera etapa hacia el sur, hasta una nueva intersección con la Ruta 78, ubicada aproximadamente 1,0 km al Este del cruce con Camino Rinconada en la Comuna de Maipú, en conformidad a lo establecido en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS). Además se prevé una conexión directa de la misma con la Ruta 78, en una segunda fase, y el mejoramiento de la intersección de la Autopista del Sol y la Av. La Rinconada, punto conflictivo dentro de la comuna Maipú, donde la congestión es un escenario habitual.



Ilustración 8: Conexión Vial Ruta 68 hasta Ruta 78

En términos generales el proyecto presenta cinco sectores diferenciados:

### 2.1.1. Área de servicio:

El área de servicio existente se extiende a través del eje principal del proyecto, por unos 400 m hacia el noreste. Se trata de una planicie de ancho variable entre 0 m. y 80 m. que se ha conseguido en la mediana de la autopista aplicando una combinación de curvas y contracurvas de sentido inverso para cada una de las manos, conformando un espacio central en forma de ovalo.

Actualmente los parámetros geométrico adoptados en éste tramo corresponden a una velocidad específica de los elementos cercana a 80 Km/h, con las entradas y salidas al área de servicio por el lado izquierdo de la autopista en ambas calzadas.



**Ilustración 9: Costanera Norte - Área de servicio – Situación actual**

Por requerimiento del mandante, el proyecto contempla la eliminación de los giros a izquierda mediante la incorporación de dos pasos inferiores, siendo el acceso por el Este y el egreso por el Oeste.

Desde el punto de vista del diseño conceptual, se hace notar la restricción en velocidad generada por el trazado en planta de este sector, así como la restricción el ingreso/egreso al área de servicio limitado a los vehículos que transitan en sentido Sur Norte (para el ingreso), y solo permitiendo el egreso hacia el Sur. Esto dificulta que los vehículos transitando en otras direcciones y sentidos tengan acceso a esta área, aspecto perjudicial para la misma.

Además se prevé la readecuación de las calzadas, tanto derecha como izquierda y la materialización de vías segregadas que permiten los movimientos de entrecruzamiento del enlace con la Ruta 68 fuera de la calzada del eje principal del proyecto.



Ilustración 10: Costanera Norte - Área de servicio – Situación proyectada

### 2.1.2. Enlace Ruta 68:

Actualmente el enlace presenta un ramal (Norte-Poniente<sup>1</sup>) que conecta Costanera Norte y la Ruta 68 dirigiéndose hacia el Oeste de ésta última, y además un lazo (Poniente-Norte) de doble calzada conectando desde el Oeste la Ruta 68 con las Autopista Costanera Norte.



Ilustración 11: Enlace Costanera Norte y Ruta 68 – Situación actual

<sup>1</sup> Poniente: punto cardinal equivalente a Oeste.



El anteproyecto prevé el mejoramiento de ésta intersección mediante la incorporación de dos nuevos lazos y dos ramales que permitirán, junto con el mejoramiento geométrico de los existentes, facilitar de esta forma la conectividad entre las vías, por ende el enlace queda configurado como un trébol incompleto. A partir de este punto continúa la vía expresa hacia el Sur.

Por otra parte, para lograr una mayor fluidez de los vehículos en este punto conflictivo, se proyecta un aumento del número de pistas<sup>2</sup> en la Ruta 68, pasando a tener 3 pistas por calzada en las proximidades del enlace en cuestión, aumentando de esta forma la capacidad en este tramo. Dado que existe actualmente un viaducto que permite la conexión del lazo Poniente-Norte con la Autopista Costanera, el cual atraviesa por sobre la Ruta 68 y que, por exigencias expuestas del comitente, se debe mantener en pie, es necesario asegurar que el mismo tenga la luz suficiente para albergar todas las pistas proyectadas, es decir, del lado derecho con circulación sentido Este-Oeste las tres pistas propias de la Ruta 68, y del otro lado, las 3 pistas de la vía en cuestión sumadas las 2 pistas que se dirigen al Lazo P-N.

Ante ésta imposición, puede notarse, en la siguiente figura que del lado derecho hay espacio suficiente para la adición de la tercer pista, esto a costa de una reducción significativa de la berma<sup>3</sup> correspondiente. En cambio en el lado opuesto no existe espacio suficiente para albergar las 5 pistas antes mencionadas, por ende, la solución a este conflicto, en cuanto al diseño geométrico, fue la de tomar como tercer pista de la Ruta 68 una de aquellas que sirven de acceso al Lazo existente, proporcionando de esta forma sólo una pista de acceso al mismo, por ende se prevé incorporar la segunda pista faltante del lazo a lo largo de su desarrollo.



Ilustración 12: Ruta 68 – Situación actual y proyectada

<sup>2</sup> Pista: faja de pavimento destinada a la circulación de una sola fila de vehículos, denominada carril en Argentina.

<sup>3</sup> Berma: espacio libre adyacente a la calzada, conocida en nuestro país como banquina.

Actualmente existe una salida directa al Camino San Pablo Antiguo para los vehículos que transitan sobre la R68 en sentido Oeste-Este. Al incorporar el nuevo ramal Poniente-Sur, las salidas de este ramal y del Camino San Pablo Antiguo quedarían muy próximas entre sí; por lo tanto para evitar el entrecruzamientos en la vía principal, las dos salidas tiene su origen sobre una pista segregada o separada que alimenta a su vez al nuevo ramal Poniente – Sur.



Ilustración 13: Enlace Costanera Norte y Ruta 68 – Situación proyectada

### 2.1.3. Tramo central:

El tramo central, que se desarrolla a lo largo de aproximadamente 8.700 m. entre el enlace con la Ruta 68 al norte y el futuro enlace con la Ruta 78 al sur, se compone de dos calzadas de tres pistas cada una, segregadas por una mediana de 3,02 m. de ancho.

En una primera etapa, está previsto llevar a cabo dos de las tres pistas por calzada proyectadas en un tramo entre los enlaces antes mencionados.

En una segunda etapa se desarrolla la tercera pista por calzada desde el enlace con la Ruta 68 al norte hasta inmediaciones del cruce con Camino La Farfana donde también

se ejecuta el Empalme Etapa II que consiste en una conexión directa con la Ruta 78 hasta el actual enlace Rinconada.

A fin de asegurar la conectividad entre los predios del sector, esta vía se complementa con la incorporación de calles de servicio al este del trazado.

Dado que gran parte del proyecto se asienta sobre la llanura de inundación oriental del Río Mapocho, se prevé el trazado de la autopista elevada de la superficie del terreno natural, es decir, sobre terraplén, manteniendo una diferencia de cotas mínima entre rasante y terreno del orden de 1,00m.

A lo largo del desarrollo del trazado, se dan una serie de interferencias naturales y antrópicas que condicionan el diseño.

El tramo en cuestión presenta tres puntos de gran relevancia, detallados a continuación:

#### 2.1.3.1. Intersección Calle Troncal Callejón de los Perros:

La vía troncal Callejón de los Perros, se conectará a la vía expresa mediante la conformación de enlace tipo “Diamante”, se prevé el paso de la autopista por sobre la troncal, con un viaducto. Este enlace permitirá todos los movimientos, dándose los entrecruzamientos en la vía secundaria.

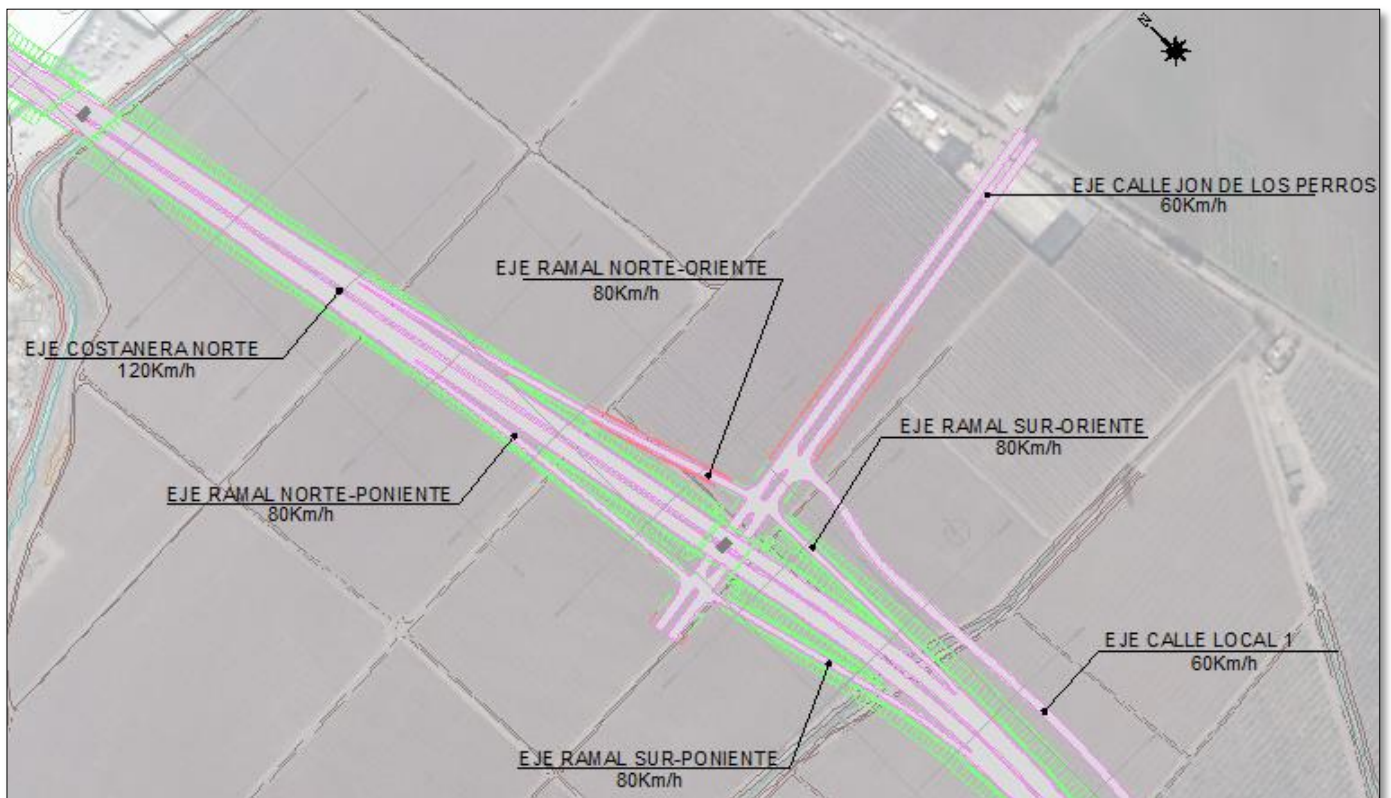


Ilustración 14: Enlace Callejón de los Perros – Situación proyectada

2.1.3.2. Cruce Camino La Farfana y Empalme Etapa II:

En este punto confluyen múltiples condicionantes, los cuales son de carácter antrópico. Se tiene por un lado, de acuerdo al PRMS, la continuación de la vía troncal Camino La Farfana atravesando la vía principal proyectada hacia el poniente, el canal Rinconada (de traza paralela al camino La Farfana), y el emisario de la planta de tratamiento de aguas servidas La Farfana; además por otro lado, se requiere el diseño de la divergencia del Empalme Etapa II con respecto a la vía principal y la continuación de la vía principal hacia el Sur.

Considerando las limitaciones antes expuestas, las soluciones adoptadas en el anteproyecto en cuestión se enumeran a continuación.

- Vía Principal (Etapa I): se separan las calzadas derecha e izquierda, manteniendo la rasante de calzada izquierda paralela al perfil del terreno y se produce el descenso de la rasante de la calzada derecha para pasar por debajo de las calzadas de la Etapa II. Luego de aproximadamente 1 km., ambas calzadas retoman el perfil típico original, igualándose sus rasantes cerca de la Dm. 7.200 del eje principal.
- Vía Principal (Etapa II): con origen en el Dm. 6.500, la traza de la Etapa II toma rumbo Sur, cruzando por encima de la calzada derecha de Etapa I y finalizar su traza vinculándose con la Ruta 78 en proximidades del enlace Rinconada.
- Camino La Farfana: paso inferior por debajo de la Autopista.

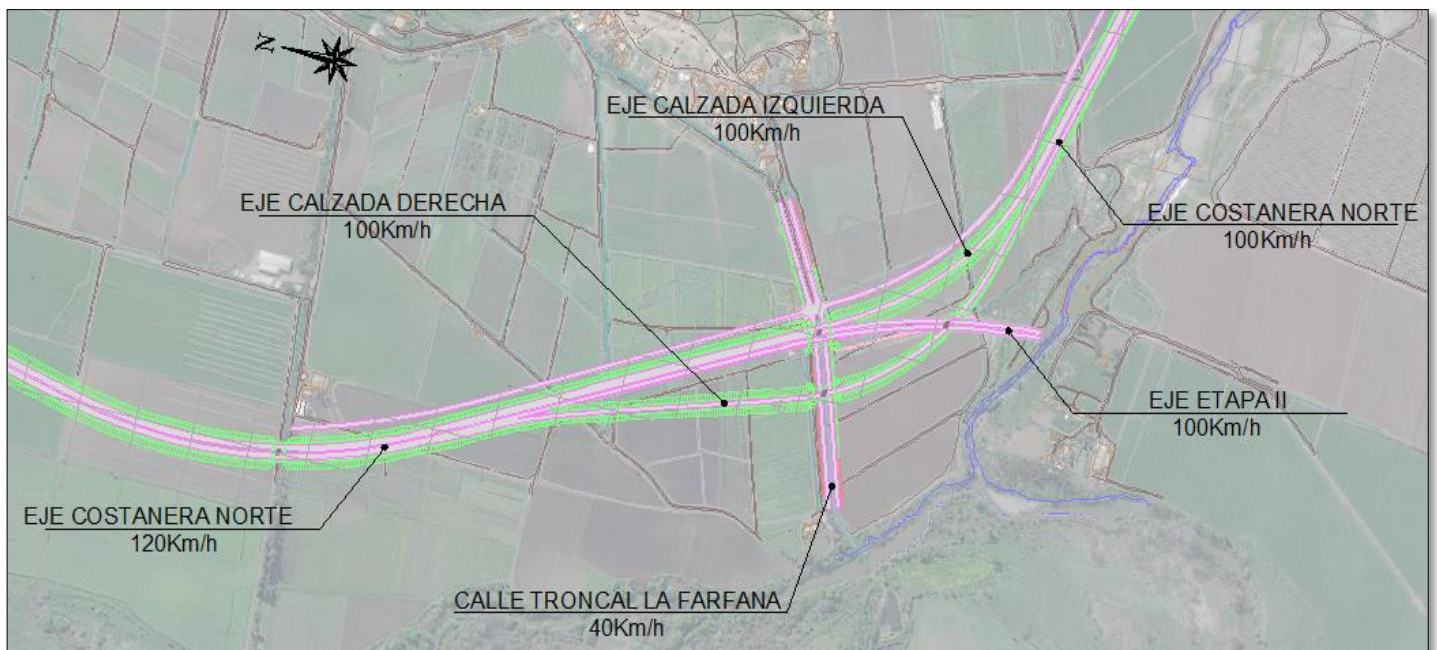


Ilustración 15: Empalme Etapa II – Situación proyectada

2.1.3.3. Intersección Calle Troncal Viejo Límite:

Se prevé la continuación de la futura vía troncal Viejo Límite, la cual pasa por debajo de la vía principal, punto en el cual se vincula con ésta última mediante un enlace tipo diamante incompleto constituido por los ramales de enlace de los cuadrantes NorOriente<sup>4</sup> y NorPoniente. Además se vincula la vía colectora Costanera Norte Zanjón de La Aguada con el Camino Viejo Límite mediante una rotonda.



Ilustración 16: Enlace Viejo Límite – Situación proyectada

#### 2.1.4. Enlace Ruta 78:

Para la primera etapa del proyecto se prevé un enlace tipo trébol parcial para vincular Costanera con la Ruta 78. Este enlace permitirá satisfacer los movimientos de mayor demanda, vinculando además Costanera con la Av. Cuatro Poniente y Av. Rinconada.

El enlace constará de dos ramales directos en el cuadrante norte y dos lazos en el sur, sin conexión con colectoras.

Dado que se trata de un trébol parcial, no se consiguen todos los movimientos.

<sup>4</sup> Oriente: punto cardinal equivalente a Este.

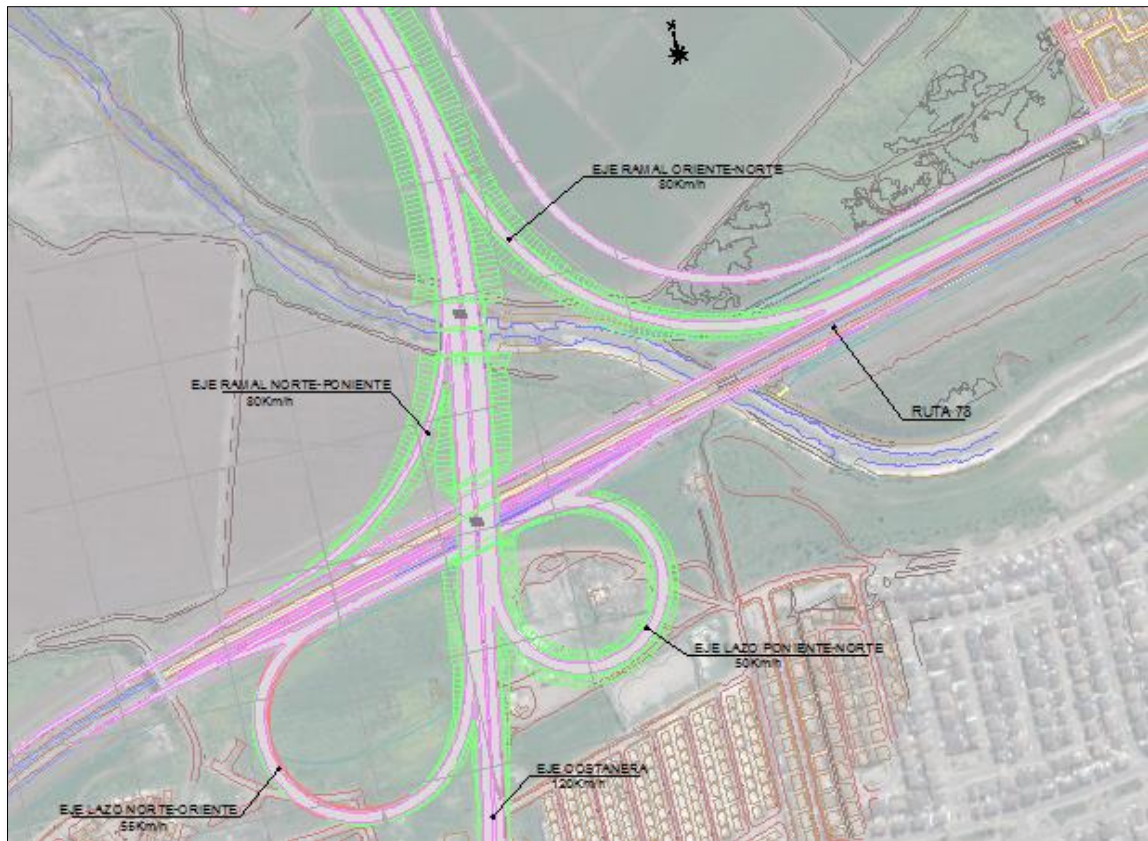


Ilustración 17: Enlace Ruta 78 – Situación proyectado

### 2.1.5. Etapa II:

La Etapa II, nace en la Dm. 6.500 tomando rumbo sur para divergir de las calzadas de Etapa I, pasando por sobre la calzada derecha de esta última, continuando su curso hasta el empalme con la Ruta 78 en inmediaciones del enlace Rinconada.

La sección típica se compone de dos calzadas de dos pistas cada una, segregadas por una mediana de 3,02 m de ancho con barrera de contención de hormigón tanto central como laterales.

## 2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La ciudad de Santiago de Chile y su área metropolitana concentran cerca del 37% del parque vehicular chileno. Para sustentar a este enorme número de vehículos, una extensa red de avenidas y calles se extiende por todo Santiago con el fin de dar conectividad a las diferentes comunas que conforman el área metropolitana.

Para entender mejor la importancia y la influencia del desarrollo del proyecto en cuestión se hace una breve descripción de las vías que éste vincula:

### 2.2.1. Costanera Norte - Sistema Oriente Poniente

La autopista Costanera Norte se extiende conectando el sector nororiente de Santiago con el Aeropuerto Internacional Comodoro Arturo Merino Benítez y la Ruta 68, que une Santiago con Valparaíso.

Ésta vía está constituida por dos ejes bien diferenciados, detallados a continuación:

#### **2.2.1.1. Eje Oriente-Poniente**

Este eje es la Costanera Norte en sí, empezando por la ribera norte del río Mapocho, entre el puente La Dehesa, en el sector nororiente de la capital, y terminando en Américo Vespucio Poniente, la cual corresponde al anillo de circunvalación de la ciudad de Santiago de Chile, con una extensión de 60 km. Luego, de allí continua hasta la intersección con la Ruta 68 Santiago/Valparaíso, en el sector poniente. Contempla un túnel bajo el cauce del río Mapocho, en una extensión de 4 km, y un tramo de 2,7 km al costado norte del actual cauce del río. La extensión total de la vía es de 35 km con 3 pistas por sentido, incluyendo 24 enlaces, 7 atraviesos, 14 puentes y pasarelas peatonales. Atraviesa 11 comunas constituyentes del Gran Santiago.

#### **2.2.1.2. Eje Kennedy**

Este eje tiene una longitud de 7,4 km y consiste en un mejoramiento de la existente Avenida Kennedy, entre Avenida Tabancura (Nudo Estoril), hasta el puente Lo Saldes.

### **2.2.2. Ruta 68**

La Ruta 68 abarca las regiones de Valparaíso y Metropolitana de Santiago, en el centro del país. La ruta se inicia en Santiago y finaliza en el puerto de Valparaíso, teniendo la variante de Agua Santa hacia la ciudad de Viña del Mar.

Une dos de las tres conurbaciones urbanas más populosas del país; el Gran Santiago y el Gran Valparaíso, convirtiéndola en la ruta terrestre más transitada de Chile.

### **2.2.3. Ruta 78**

La autopista del Sol es la denominación de la Ruta 78 que recorre las regiones de Valparaíso y Metropolitana de Santiago, en el Valle Central de Chile, desde Santiago hasta San Antonio.

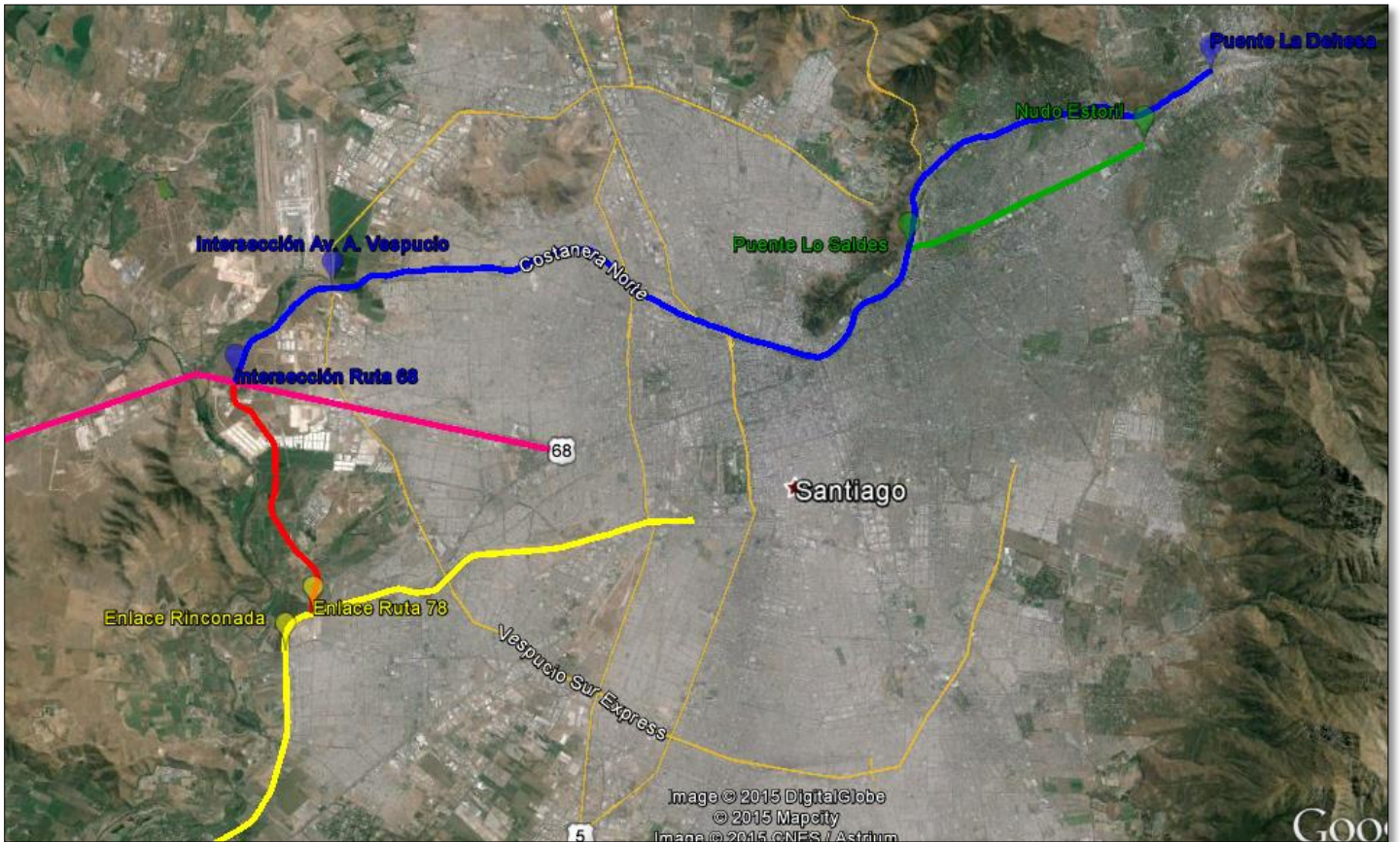


Ilustración 18: Vialidad involucrada en el Anteproyecto - Gran Santiago

### 2.3. NECESIDADES A SATISFACER

- ✓ Mejorar la accesibilidad constituyendo una vía rápida de circulación entre un área y otra distanciadas entre sí.
- ✓ Mejorar la conectividad y el flujo vehicular de las comunas entre el sector Centro-Oriente y Sur-Poniente
- ✓ Descongestionar los accesos a la Comuna de Maipú
- ✓ Vía expedita a los principales puertos de la Zona Central de Chile, con las implicancias económicas que ello genera.
- ✓ Permitir la accesibilidad a calles locales.
- ✓ Mejorar la conectividad entre la Ruta 68 y Ruta 78 con altos estándares técnicos y de servicio.
- ✓ Generar una alternativa más directa y rápida para quienes se desplacen hacia San Antonio. Es decir, permitir que aquellos que viajen desde el sector oriente hacia el litoral, lleguen directamente a la Ruta 78 a través de la Costanera Norte.
- ✓ Disminución de hasta un 30% los tiempos de viaje entre la capital y San Antonio.
- ✓ Diseño adecuado de los nudos de conexión en la Ruta 68 y en la Ruta 78, de forma tal de reducir el impacto que estos tengan en esas zonas de las comunas.



**CAPÍTULO Nº 3:**  
**DISEÑO**  
**GEOMÉTRICO**



**UNC**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

**Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales**

### 3.1. CONDICIONANTES DE DISEÑO

El diseño geométrico es la parte más importante dentro de un proyecto de construcción o mejoramiento de una vía, ya que es allí donde se determina su configuración tridimensional, es decir, la ubicación y la forma geométrica definida para los elementos de la carretera; de manera que ésta sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Desde el punto de vista técnico se deben definir diferentes aspectos que van a ser decisivos al momento de realizar el diseño de la vía, ya que respecto a la funcionalidad que se le quiera dar a la ruta, se deberán adoptar diferentes parámetros de diseño.

Como primera medida a adoptar para llevar a cabo un diseño geométrico es definir la categoría de la vía, y a partir de allí se determina la velocidad de proyecto.

Para definir las características de una carretera, se deben determinar los siguientes puntos:

#### 3.1.1. Función de la vía

El anteproyecto contempla el diseño geométrico de una autopista de conexión entre dos vías importantes para el desarrollo económico del Gran Santiago y de la región, por ende, ésta está fundamentalmente destinada a servir al tránsito de paso, es decir que la función primordial de la vía es otorgar **movilidad** a los usuarios. Lo que interesa, en este caso, es posibilitar velocidades de desplazamiento elevadas que puedan ser mantenidas a lo largo de toda la ruta en condiciones seguras. Para que se justifiquen económicamente las inversiones que implica la infraestructura asociada a este tipo de servicio, se requerirán demandas de tránsito elevadas, del orden de varios miles o decenas de miles de vehículos como promedio diario anual. Los elevados volúmenes de tránsito a que se hace referencia obligan, normalmente, a pasar de carreteras de dos pistas para tránsito bidireccional a carreteras de cuatro o más pistas destinadas a tránsito unidireccional. Lo anterior con el objeto de evitar problemas de congestión que invalidan la función asignada: "permitir tránsito ininterrumpido a elevados volúmenes de demanda, en los que coexistirán vehículos rápidos y lentos (automóviles y camiones), sin que unos restrinjan la libertad de maniobra y selección de velocidad deseadas por los otros". Para lograr los propósitos antes mencionados resulta indispensable restringir el acceso hacia o desde la propiedad colindante y dar un tratamiento especial al cruce de la carretera con otras vías de tránsito.

#### 3.1.2. Tránsito

El tránsito que circulará por la vía debe definirse en cuanto a volumen y composición.

Se espera que éste alcance valores de TMDA<sup>5</sup> muy superiores a los **5000 veh/día**. Éste tránsito de gran magnitud se debe principalmente a la importancia que tiene el desarrollo del proyecto, el cual otorgará conectividad entre significativas vías de comunicación de la ciudad y de la región donde se emplaza.

La vía a proyectar debe ser capaz de sustentar el tránsito demandante, mientras que a su vez cumpla con la funcionalidad requerida.

### 3.1.3. Vehículo tipo

Éste es determinante en la definición de la sección transversal de la vía, ya que el radio de giro del mismo influye en los anchos necesarios de las calzadas, siendo éstos más importantes en los lazos y ramales de las intersecciones a proyectar, debido al menor radio que generalmente presentan en planta estos tipos de elementos del trazado.

Según la composición del tránsito, existe una proporción elevada de aquellos vehículos de tipo camiones y buses, es decir, se prevé que más del 15% de los vehículos dentro del flujo de tránsito que utilizará la vía en cuestión sean **vehículos pesados**. Esto es consecuencia inmediata de que la vía constituye un vínculo de dos importantes rutas comerciales, que unen la capital del país, un centro de gran importancia industrial, con los puertos hacia el litoral.

### 3.1.4. Topografía

Las características del terreno tiene gran influencia en el trazado geométrico de una vía, ya que condiciona tanto en planta como en alzado las características a adoptar para lograr un diseño económico con el menor movimiento de suelo posible y la máxima compensación tanto longitudinal como transversal, debido que este ítem en una obra vial es el de mayor impacto en cuanto a costos y debe ser minimizado lo máximo posible.

Como el proyecto presentado, tal como se mencionó anteriormente, está emplazado en **terreno** más bien **llano**, se presupone que éste no condiciona el diseño geométrico del mismo, aunque cabe destacar que como la planicie es un área de inundación del Río Mapocho, que se encuentra al Oeste del proyecto, como medida preventiva y de seguridad se debe separar la rasante de la vía del terreno natural, en un valor promedio de 1 m, donde prácticamente toda la longitud se encuentra en terraplén, con los costos de movimiento de suelo que ello implica.

---

<sup>5</sup> TMDA: Tránsito Medio Diario Anual, representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año previsible en una sección dada de la vía.

### 3.1.5. Control de acceso

Debido a que se trata de una Autopista Urbana, se deberá contar con un **Control Total de Acceso** a lo largo de todo el trazado, por lo que sólo podrá acceder a otras vías mediante enlaces. Además se deberá proveer la posibilidad de paso de un lado de la vía al otro y la circulación de un paso a otro mediante caminos colectores y calles de servicio.

### 3.1.6. Categoría y Nivel de Servicio

Como se mencionó con anterioridad el anteproyecto se trata de una carretera con una categoría definida como **Autopista Urbana**, es decir, la más alta categoría que puede ser asignada a una ruta, con las implicancias técnicas y económicas que ello implica. Como característica principal de ésta tipología es que debe brindar un elevado **Nivel de Servicio**<sup>6</sup> siendo éste de tipo **A a B**, lo cual implica flujo libre a estable con altas velocidades de circulación, libertad de maniobra, intensidad o flujo de circulación muy inferior a la capacidad<sup>7</sup> de la vía, existiendo para condiciones ideales una capacidad de 2200 veh/h por pista, y además garantizar, a los usuarios que transitan por la misma, elevados estándares de comodidad y seguridad.

### 3.1.7. Velocidad de proyecto

La Velocidad de Proyecto seleccionada para un proyecto de categoría dada dependerá fundamentalmente de la función asignada a la carretera, del volumen y composición del tránsito previsto, de la topografía de la zona de emplazamiento y del diferencial de costo que implica seleccionar una u otra velocidad de proyecto dentro del rango posible considerado para la categoría.

Ésta velocidad está definida por el MC-V3 como “la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad, elementos que sólo podrán ser empleados en la medida que estén precedidos por otros (en ambos sentidos del tránsito), que anticipen al usuario que se está entrando a un tramo de características geométricas mínimas, el que además deberá estar debidamente señalado”.

---

<sup>6</sup> Nivel de Servicio: medida cualitativa, que describe las condiciones de operación dentro de una corriente de tránsito y su percepción por los conductores. Refleja el funcionamiento de la vía o elementos de ella, relacionando un conjunto de factores tales como, velocidad, tiempo de viaje, detenciones o restricciones del tránsito, libertad de maniobra, seguridad, comodidad, economía, etc. que concurren en ella cuando soporta un cierto volumen de tránsito.

<sup>7</sup> Capacidad: número máximo de vehículos que pueden atravesar una sección determinada de la carretera durante un periodo de tiempo dado, en condiciones prevalecientes de tránsito y calzada (veh/h). Depende de las características de la sección y las del tránsito (especialmente su composición).

La Velocidad de Proyecto fija el marco de referencia mínimo que define el diseño geométrico de una carretera o camino, principalmente en lo relativo a su trazado horizontal y vertical.

Para definir la velocidad de proyecto del eje principal, es necesario aclarar que el mismo se divide en dos tramos con características totalmente diferentes. Se tiene un primer tramo (Tramo 1) que abarca desde el enlace con la Ruta 68 hasta inmediaciones del cruce con el camino La Farfana, punto donde se produce la divergencia de la autopista constituyendo la Etapa II. Por otro lado, el segundo tramo (Tramo 2) se extiende desde éste último punto hasta el enlace con la Ruta 78. Se han diferenciado de esta manera ya que una vez ejecutada la segunda etapa del proyecto se esperan menores volúmenes de tránsito en el segundo tramo anteriormente definido, por ende la categoría de esta parte de la vía debe ser menor, ya que la demanda disminuye con respecto al tramo precedente. Además de disminuir la categoría ésta última porción de la vía, se disminuye su capacidad mediante la reducción del número de pistas por cada calzada unidireccional que conforma el perfil transversal.

Las velocidades de proyecto admisibles para Autopista se establecen en la normativa empleada según la topografía del emplazamiento, siendo:

- |                                  |          |
|----------------------------------|----------|
| • Terreno Llano a Ondulado Medio | 120 Km/h |
| • Terreno Ondulado Fuerte        | 100 Km/h |
| • Terreno Montañoso              | 80 Km/h  |

Para el primer tramo antes definido, se adopta una velocidad de proyecto de 120 km/h. en cambio, para el tramo siguiente se proyecta con una velocidad de 100 km/h.

Se diferencia entre estos dos tramos particulares además por las limitaciones geométricas que presenta el segundo de ellos, ya que a partir del cruce con el camino La Farfana el eje principal de proyecto debe atravesar por varios puntos conflictivos, los cuales fueron definidos en el capítulo anterior.



Ilustración 19: Distribución Velocidad de Proyecto – Eje Principal

### 3.2. DISEÑO PLANIALTIMÉTRICO

El diseño planialtimétrico de una carretera consta en la búsqueda de aquella combinación de alineamientos rectos y curvos, tanto en planta como en alzado, que mejor se adapten tanto al terreno, como los condicionantes impuestos.

Se adopta una línea de referencia que en general es el eje del proyecto. A este eje se refieren los demás elementos geométricos. El eje principal se define en planta a través de una poligonal y luego con acuerdos horizontales. Para completar el diseño se elabora un perfil longitudinal del terreno en dicho eje y se proyecta la rasante, es decir el eje en vertical. Por lo tanto la traza del proyecto queda representado por una línea alabeada de 3 componentes x,y,z.

En este proyecto el eje se presenta de color rojo y está dividido en intervalos cuya designación se denomina distancia métrica (Dm.). La misma se define por un número que expresa la cantidad de metros que existen a partir del inicio del proyecto, cuyos separadores en miles es un punto “.”, representando de esta forma a la izquierda del mismo los kilómetros y hacia la derecha los metros transcurridos; además se separa con una coma “,” los decimales. Ejemplo, la Dm. 1.850,00 se ubica a un kilómetro y ochocientos cincuenta metros desde el inicio del proyecto siguiendo el desarrollo del eje. En la siguiente ilustración se presenta el eje de proyecto con las correspondientes Distancias Métricas.

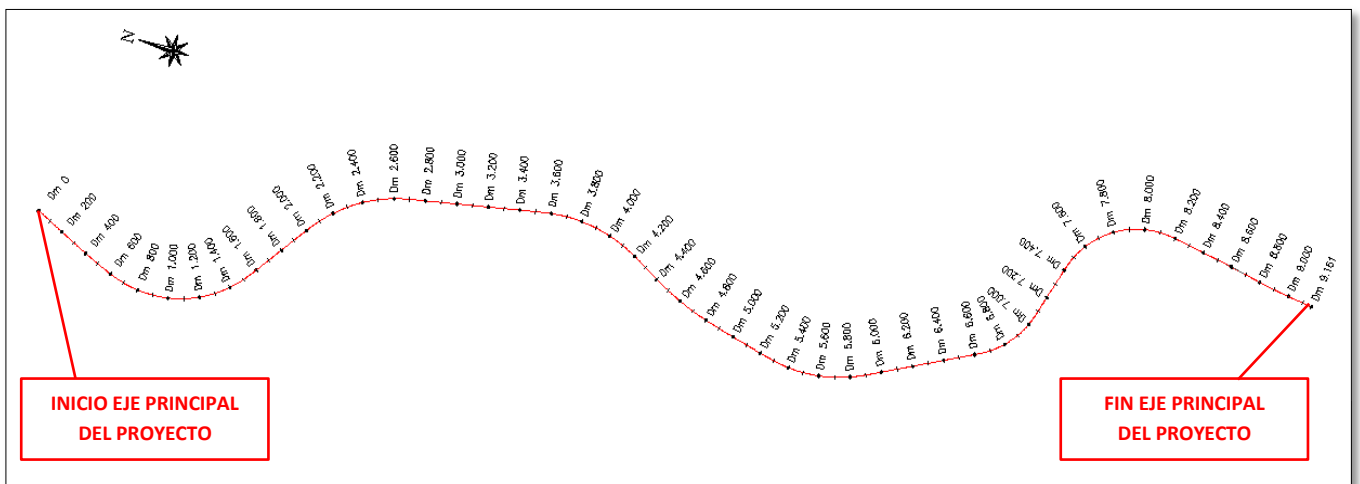


Ilustración 20: Eje Principal del proyecto

El diseño del eje proyectado se basó en la normativa vigente en el país donde se emplaza el mismo, Manual de Carreteras – Volumen N°3 – Instrucciones y Criterio de Diseño - Chile, el cual se fundamenta tanto en la normativa estadounidense como la europea.

### **3.3. COMPONENTES BÁSICOS DEL TRAZADO**

#### **3.3.1. Planimetría**

La alineación horizontal hace referencia a la configuración del eje del camino que se proyecta en un plano horizontal y está compuesta por una poligonal de base y curvas circulares y curvas de acuerdo o enlace. Dicho eje es la línea definida y relevada que se grafica en los planos como representativa del proyecto y desde la cual se referencia la construcción. En el caso de la autopista urbana que se está tratando, el eje coincide con el centro de la mediana.

El trazado parte de la poligonal de base que es un conjunto de rectas que definen, tentativamente, la trayectoria de la carretera. Para completar el alineamiento horizontal se definen las curvas que unen las rectas de la poligonal. Dichas curvas son las que permiten el cambio de dirección que existe en la poligonal en forma gradual y segura teniendo en cuenta las características de operación, frenado y aceleración de los usuarios de la vía.

En el proyecto en estudio la poligonal de base fue planteada en los antecedentes aportados por el comitente, por lo tanto, a partir de aquella se realizaron las modificaciones pertinentes para cumplimentar los requerimientos que establece la norma.

Para definir las curvas circulares y de transición se analizaron los parámetros mínimos y máximos dictados por la norma vigente.

Se explican a continuación los componentes del eje en planta, junto con sus parámetros y aplicaciones de la norma utilizada.

##### *3.3.1.1. Curvas Circulares*

Son arcos de círculo que se dibujan tangentes a las líneas rectas que forman la poligonal y las curvas del camino.

En la ilustración se muestra una curva proyectada en la Dm. 2.300,00 aproximadamente. Se observa el eje y las referencias sobre el mismo cuando existe una curva.

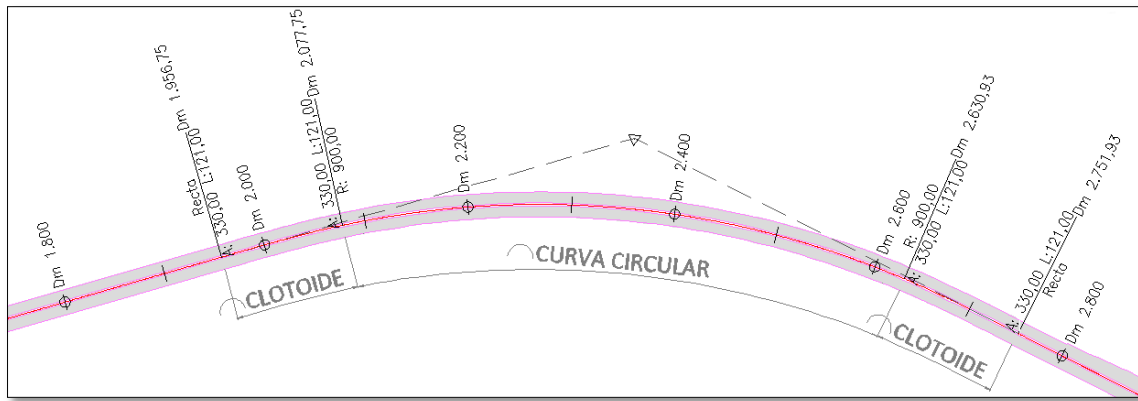


Ilustración 21: Esquema de una curva horizontal del proyecto

Para altas velocidades, el diseño de las curvas circulares se determina por la fuerza centrífuga generada por el vehículo que circula en una trayectoria circular. La fuerza (F) depende del Peso del vehículo (W), de su velocidad (V) y del radio de la misma (R):

$$F = \frac{W \cdot V^2}{g \cdot R}$$

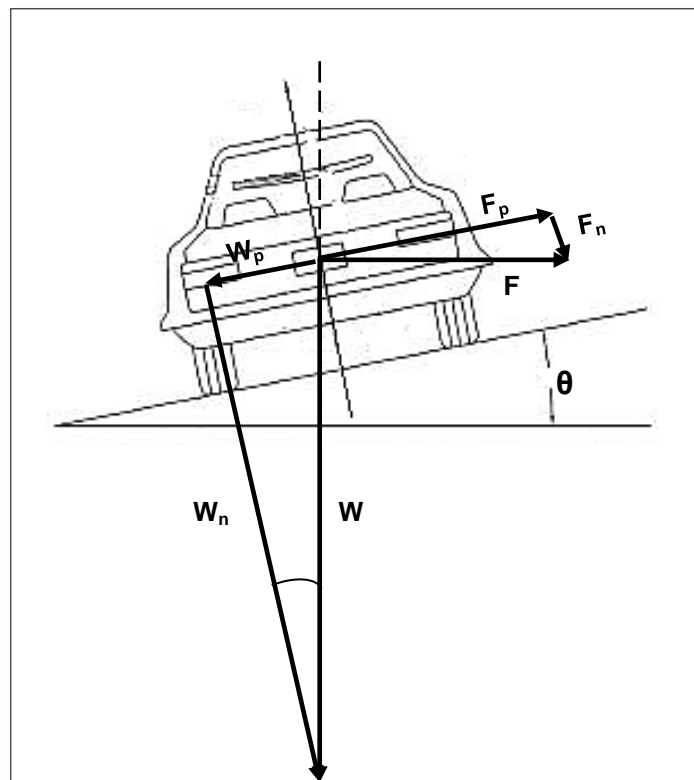


Ilustración 22: Esquema de fuerzas en una curva horizontal

Para evitar el descarrilamiento del vehículo existen fuerzas que se oponen. La inclinación transversal de la calzada genera una componente del peso en dirección opuesta a la fuerza centrífuga ( $W_p$ ). Para cuando exista un desequilibrio entre estas fuerzas, la diferencia es resistida por la fuerza de rozamiento ( $F_{roz}$ ) que se desarrolla



entre los neumáticos y el pavimento. Esta fuerza es normal al plano de la calzada y es igual a la suma de las componentes normales de la fuerza centrífuga ( $F_n$ ) y del peso del vehículo ( $W_n$ ) multiplicada por el coeficiente de fricción transversal entre los neumáticos y el pavimento ( $f$ ).

$$F_{roz} = (F_n + W_n) \cdot f$$

La inclinación transversal de la calzada con respecto a un plano horizontal recibe el nombre de peralte ( $p$ ) y se expresa en porcentaje.

$$p = tg\theta$$

Por lo tanto para seleccionar un radio con el cual se adquiere equilibrio seguro en la operación de las curvas horizontales se deben tener en cuenta la velocidad del vehículo, el peralte máximo de la curva y el coeficiente de fricción entre los neumáticos y la calzada.

En el caso del eje principal del proyecto, en función de las condiciones del terreno, el clima del lugar, el ámbito (urbano o rural) y la frecuencia de vehículos lentos se adoptó un peralte máximo de 8%, debido a que la velocidad no se verá altamente afectada ya que no existen fricciones en cuanto a obstáculos laterales o topográficos ni con el flujo de vehículos que se prevé que va a circular por la vía en cuestión.

#### Radio mínimo

Es el radio de giro mínimo que permite la máxima tasa de peralte admisible y el máximo factor de fricción lateral permisible.

Los radios mínimos para cada velocidad de proyecto, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, están dados por la expresión:

$$R_m = \frac{V_p^2}{127 \cdot (p_{m\acute{a}x} \cdot t_{m\acute{a}x})}$$

Donde:

$R_m$ : Radio Mínimo Absoluto (m)

$V_p$ : Velocidad Proyecto (km/h)

$p_{m\acute{a}x}$ : Peralte Máximo correspondiente a la Carretera o el Camino (m/m)

$t_{m\acute{a}x}$ : Coeficiente de fricción transversal máximo correspondiente a  $V_p$ .

En la normativa empleada, los mismos están tabulados en función de la velocidad de proyecto.

Las siguientes tablas extraídas de la norma corresponden en un primer lugar a los valores máximos admisibles de peralte y de fricción lateral (formulas empíricas) y luego aquella que presenta los valores de radio tabulados para cada velocidad de proyecto. Se señalan las filas correspondientes a las velocidades de proyecto adoptadas para los distintos tramos del eje principal de la carretera en cuestión.

Tabla 1: Valores máximo admisibles de peralte y de fricción lateral en función de la categoría de la carretera y de su velocidad de proyecto. Fuente: MC-V3

**TABLA 3.203.302.A**  
**VALORES MAXIMOS PARA EL PERALTE Y LA FRICCIÓN TRANSVERSAL**

Caminos	pmáx	tmáx
V p 30 a 80 km/h	7%	0,265 – V/802,4
<b>Carreteras</b> Vp 80 a 120 km/h	8%	0,193 – V/1134

Tabla 2: Valores mínimos de diseño de elementos curvos relacionados con la velocidad de proyecto. Fuente: MC-V3.

**TABLA 3.203.302.B**  
**RADIO MINIMOS ABSOLUTOS EN CURVAS HORIZONTALES**

Caminos Colectores – Locales – Desarrollo			
Vp	pmáx	t máx	Rm
km/h	(%)		(m)
30	7	0,215	25
40	7	0,198	50
50	7	0,182	80
60	7	0,165	120
70	7	0,149	180
80	7	0,132	250
Carreteras – Autopistas Autorrutas – Primarios			
80	8	0,122	250
90	8	0,114	330
100	8	0,105	425
110	8	0,096	540
120	8	0,087	700

Se destaca que ante mayores velocidades, se requieren de radios mayores para un mismo peralte máximo, esto es de lógico entendimiento, observando la expresión correspondiente, ya que la mayor fuerza centrífuga generada por mayores velocidades debe ser contrarrestada por radios mayores.

Para los distintos tramos del eje principal de proyecto los radios mínimos obtenidos se muestran remarcados en la tabla anteriormente expuesta.

### 3.3.1.2. Transición entre recta y curva: CLOTOIDE

La incorporación de elementos de curvatura variable con el desarrollo, entre recta y curva circular o entre dos curvas circulares, se hace necesaria por razones de seguridad, comodidad y estética, permitiendo de esta forma el guiado óptico del conductor respecto a la trayectoria que debe seguir. Por ende, el uso de estos elementos permite que un vehículo circulando a la velocidad específica correspondiente a la curva circular, se mantenga en el centro de su pista. Esto no ocurre cuando se enlaza directamente una recta con una curva circular, es decir, al presentarse un cambio brusco en la trazado, ya que en tales casos el conductor adopta instintivamente una trayectoria de curvatura variable que lo aparta del centro de su pista e incluso lo puede hacer invadir la adyacente, con el peligro que ello implica. Esta zona de transición se utiliza también para transformar la inclinación transversal de la calzada desde el bombeo normal al peralte deseado en la curva, evitando de esta forma calzadas peraltadas en tramos rectos.

Se utiliza el espiral tipo Clotoide en el cual la curvatura varía desde cero al comienzo y es proporcional a la longitud de desarrollo. A través de ésta un vehículo recorriendo dicha trayectoria experimenta una variación uniforme de la aceleración centrífuga ofreciendo un gradual incremento de la curvatura. La ecuación paramétrica que define este tipo de elemento de enlace está dada por:

$$A^2 = R \cdot L$$

Donde:

A = Parámetro (m)

R = Radio de curvatura en un punto (m)

L = Desarrollo (m).

Existe variados criterios para determinar el valor del parámetro característico de estos elementos (A) dependiendo de que se quiera lograr con la incorporación de las mismas, ya sea guiado óptico, comodidad, desarrollo de peralte y/o sobrecanchos.

Los criterios adoptados para el presente diseño geométrico fueron aquellos que aseguran una longitud suficiente para el *desarrollo del peralte* teniendo en cuenta que la variación de la pendiente relativa de borde no sea excesiva y además una *comodidad* adecuada en la circulación, la cual está relacionada con lograr una tasa de incremento gradual y uniforme de la aceleración transversal o centrífuga.

La normativa establece parámetros de clotoides mínimos en función de la velocidad de proyecto, del radio mínimo de curva, del peralte máximo y de la tasa de incremento de aceleración lateral (factor J).

**Tabla 3: Valores mínimos de diseño del parámetro de clotoide en función de la velocidad de proyecto.**  
Fuente: MC-V3.

**TABLA 3.203.403(1).A**  
**PARAMETROS MINIMOS DE LA CLOTOIDE**  
**POR CRITERIO DE J máx y Δ máx**

Vp (km/h)	Rm (m)	A mínimo	
		Bidireccionales	Unidireccionales
<b>Caminos (p máx = 7%)</b>			
40	50	29	-
50	80	37	-
60	120	48	68
70	180	60	83
80	250	83	117
<b>Carreteras (p máx = 8%)</b>			
80	250	89	125
90	330	110*	144
100	425	142*	173
110	540	190	195
120	700	-	234*

La normativa recomienda que el diseño de las transiciones incluya no sólo la transición de las curvas horizontales, sino también el cambio de pendiente transversal de la calzada (peralte) y el desarrollo del sobreebanco propuesto debido al radio de curva.

En algunas curvas no son necesarias curvas de enlace sin afectar la comodidad de circulación, aquellas son las que poseen radios suficientemente grandes, en las cuales el cambio desde la recta hacia la curva circular, o viceversa, no es tan brusco.

### 3.3.1.3. Desarrollo del Peralte

Los valores de peralte para cada una de las curvas se obtienen del siguiente gráfico en función del radio de curva, extraído de la norma chilena, teniendo como peralte máximo 8% para la vía que se está tratando en el presente informe. Puede notarse que a mayores radios que los mínimos se requieren valores menores de peralte, dado que la fuerza centrífuga es inversamente proporcional al radio de curva, por ende para contrarrestar ésta fuerza se requiere de menor inclinación de la calzada.

Continuando con el ejemplo de la curva ubicada aproximadamente en la Dm. 2.300, donde el radio adoptado para la misma es de 900 m., ingresando al gráfico antes mencionado se determina qué nivel o valor de desarrollo de peralte debe alcanzar la curva circular para que cumpla las condiciones de comodidad y, sobretodo, de seguridad, que en este caso es del 7%, valor menor al máximo, esto es consecuencia por tener un radio mayor al mínimo.

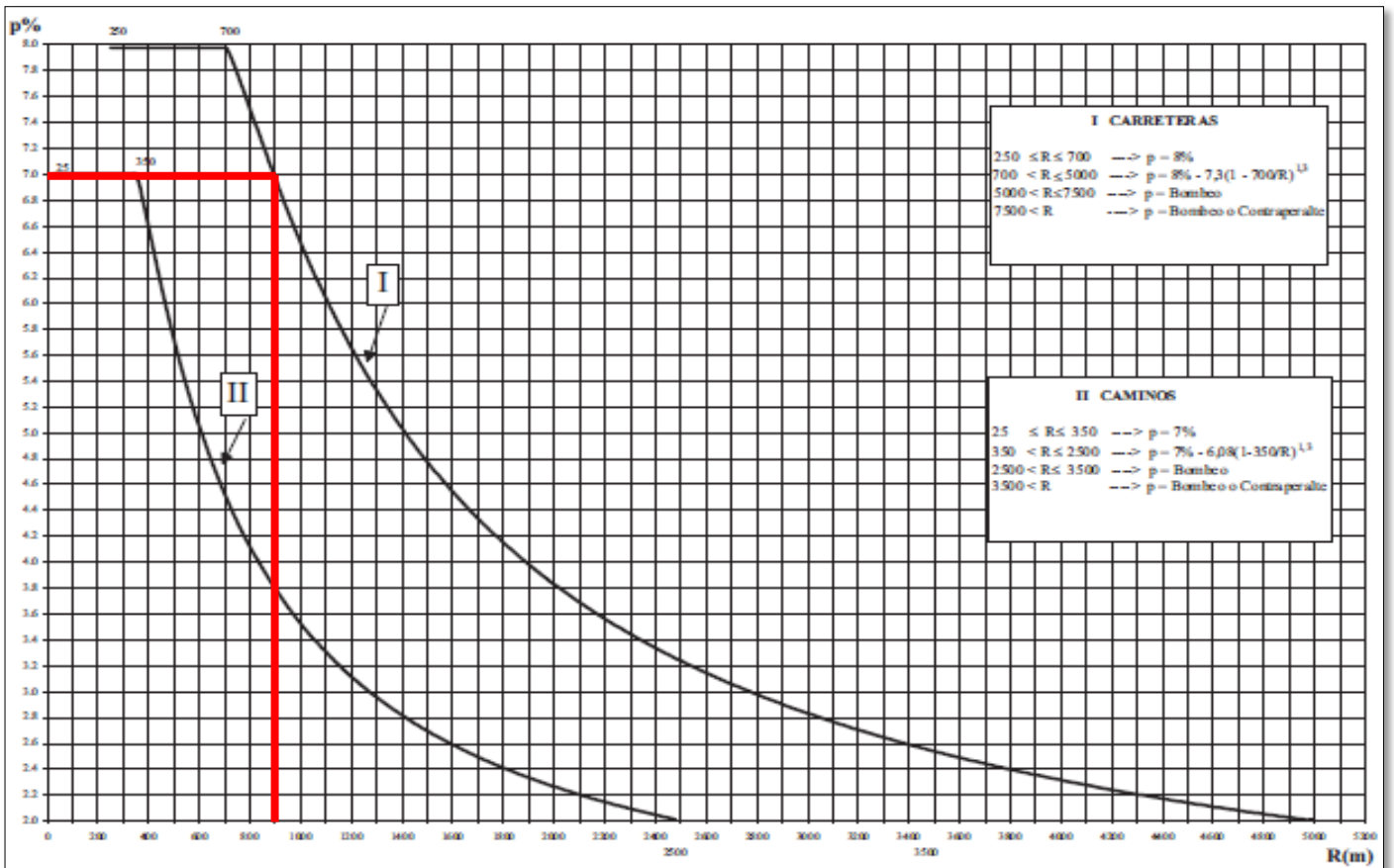


Ilustración 23: Grafico Valores para diseño de peralte según Radio de Curva. Fuente: MC-V3.

El desarrollo del peralte consiste en la longitud de camino necesario para conseguir un cambio en la pendiente transversal del punto exterior del carril desde la posición de bombeo normal, pasando por pendiente 0% hasta el desarrollo total del valor del peralte proyectado; y viceversa en el final de la curva. El eje de rotación de la calzada en el presente caso, está representado por el borde interno de cada una de las calzadas, ya que se trata de una autopista urbana con calzadas unidireccionales separadas entre sí por una mediana.

Por razones de seguridad y confort la rotación de la calzada en dicha longitud de transición debe ser imperceptible para los conductores. Por lo tanto la normativa empleada establece valores máximos de gradiente relativo de la pendiente transversal de la calzada, denominada pendiente relativa de borde ( $\Delta$ ), la cual está en función de la velocidad de diseño y se muestra a continuación.

**Tabla 4: Valores deseables, máximos y mínimos de la pendiente relativa de borde de calzada. Fuente: MC-V3.**

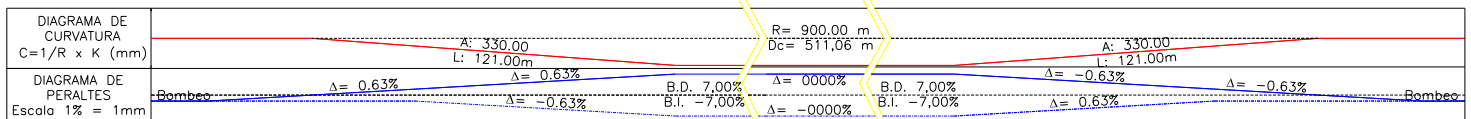
**TABLA 3.203.305(3).A  
VALORES ADMISIBLES PENDIENTE RELATIVA DE BORDE Δ%**

Vp (km/h)	30 – 50	60 - 70	80 – 90	100 - 120
Δ Normal	0,7	0,6	0,5	0,35
Δ Máx n = 1	1,5	1,3	0,9	0,8
Δ Máx n > 1	1,5	1,3	0,9	0,8

Δ mínimo en zona -b% a + b = 0,35% para todo Vp

Para la velocidad de diseño del eje principal del presente proyecto, 120 y 100 Km/h, para el tramo 1 y 2 respectivamente, la pendiente relativa de borde máxima es de 0,80 y la mínima y deseable es de 0,35. Con estos valores es posible calcular la longitud necesaria de transición con el peralte correspondiente de cada curva.

A continuación se muestra un ejemplo de uno de los planos de planialtimetrías del eje principal presentados en donde la información de la altimetría incluye, en color azul, el diagrama de peraltes adoptado para el proyecto con los valores correspondientes a la pendiente relativa de borde en función de la Distancia Métrica. La línea azul continua representa la variación del extremo derecho y la línea azul discontinua la variación del extremo izquierdo de la calzada. Puede observarse que se logra el peralte correspondiente al alcanzar la curva circular con radio constante, y la variación de la pendiente transversal de las calzadas se modifica a lo largo de las curvas de enlace.



**Ilustración 24: Ejemplo de Diagrama de Peralte de curva horizontal proyectada**

Muchas curvas horizontales con valores amplios no necesitan ser peraltadas. El tránsito que entra a la parte interna de la curva resulta beneficiado con el bombeo normal de la calzada. Mientras que el movimiento en sentido contrario enfrenta la curva con el peralte negativo, es decir, el resultante del bombeo de la calzada. No obstante, al ser una curva amplia el factor de fricción necesario para sostener la aceleración lateral es muy pequeño. Se establecen valores máximos de radios de curva, donde para aquel valor y mayores al mismo, el desarrollo de un peralte es innecesario. Se aplican valores bajos para el factor de fricción y se considera el efecto del bombeo en ambas direcciones. Se pueden visualizar estos valores máximos en el gráfico anterior (Ilustración N° 23) cuando el peralte necesario para la velocidad directriz se convierte en nulo. Para el caso de carreteras con velocidad directriz mayor a los 80 km/h el radio correspondiente es 7500 m, donde el máximo bombeo adverso admisible es de 2,5%.

A continuación se presenta los perfiles transversales del eje principal en una secuencia de la transición de peralte de la curva dada como ejemplo anteriormente, mostrando el mismo con bombeo normal, bombeo reverso y peralte totalmente desarrollado, en las progresivas 1+920, 1+980 y 2+100 respectivamente.

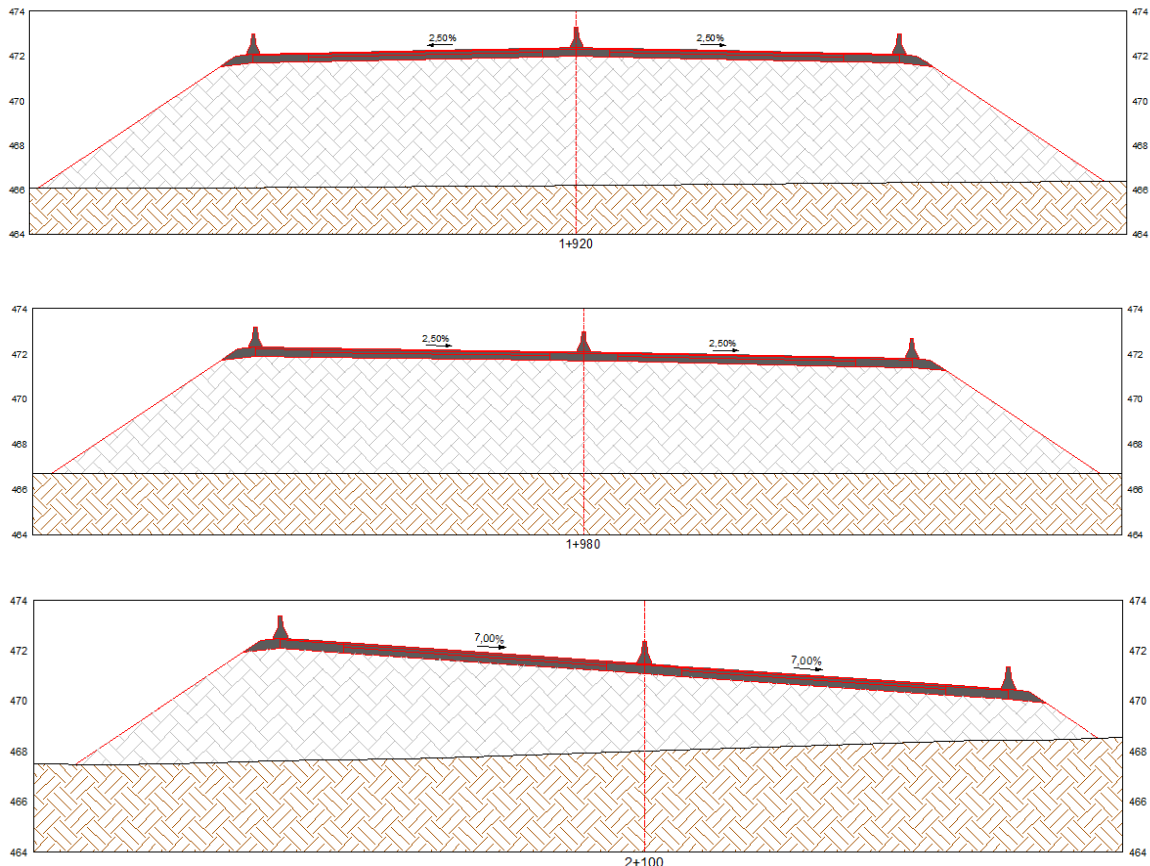


Ilustración 25: Variación del peralte

### 3.3.2. Altimetría

El alineamiento vertical es el desarrollo del eje del camino en altura, es decir, la cota  $z$  del mismo. Éste se define a través de una combinación de rectas y curvas planteadas en un perfil longitudinal que se forma mediante el corte vertical a lo largo del eje en planta.

La rasante determina no sólo la trayectoria de un vehículo en altura sino también el volumen de movimiento de suelos, un ítem de gran relevancia en el presupuesto de una obra. Además, define las condiciones hidráulicas de la vía.

Asimismo la rasante debe permitir que las maniobras de los vehículos sean seguras y cómodas para que el conductor viaje a la velocidad de diseño. Se deben tener presentes los cambios de pendientes ya que pueden limitar la visibilidad mínima para una operación sin riesgos y por lo tanto los acuerdos verticales deben dimensionarse en función de ello.

3.3.2.1. Pendientes máximas y mínimas

La pendiente del camino influye en la operación de los vehículos. La pérdida de velocidad en una subida no debe ser tal que perjudique la maniobra de los conductores transitando la ruta y no debe alejarse demasiado de la velocidad de proyecto. En las pendientes en bajada las velocidades son más altas que en un tramo horizontal. Debido a que el terreno donde se emplaza el proyecto es de tipología ondulado a llano, las pendientes permitidas por norma, que se presentan en la tabla a continuación, no representan un gran condicionante, pudiéndose adaptar la rasante al terreno sin mayores inconvenientes, y de esta forma minimizar el movimiento de suelo más allá del condicionante que implica elevar la rasante como se expuso anteriormente.

**Tabla 5: Valores de pendiente longitudinal máxima según categoría y velocidad de proyecto de la vía.**  
Fuente: MC-V3.

**TABLA 3.204.301.A**  
**PENDIENTES MAXIMAS ADMISIBLES %**

CATEGORIA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10-9	9	-	-	-	-	-	- <sup>(1)</sup>	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autorrutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

<sup>(1)</sup> 110 km/h no está considerada dentro del rango de Vp asociadas a las categorías.

Se determina para el diseño de la rasante una pendiente máxima del 4% a 4,5%, respectivamente para cada tramo antes definido. La pendiente máxima depende de la velocidad directriz, de la topografía donde se emplaza el proyecto y de la categoría del camino.

Puede advertirse que mientras más elevada es la categoría de la ruta, y por ende, mayor su velocidad de proyecto, las pendientes longitudinales permisibles son cada vez menores, esto es así ya que a mayores pendientes la influencia en la operación en el flujo vehicular es mayor, afectando de manera directa la velocidad de circulación de los mismo, lo cual es cada vez menos aceptable cuando la funcionalidad de la vía es prevaleciente la movilidad.

La pendiente mínima es función del drenaje. Se establece 0.5% de pendiente para el correcto drenaje longitudinal del camino, además del bombeo de la calzada. Ésta pendiente toma gran importancia en zonas de transición de peralte, donde el bombeo normal de la calzada pasa a tener pendiente de 0%, y sólo el escurrimiento del agua se logra mediante la pendiente longitudinal adoptada.



### 3.3.2.2. Curvas Verticales

Las curvas verticales representan una transición gradual entre dos rectas con diferentes pendientes. El ángulo de deflexión entre dos rasantes que se cortan, queda definido por la expresión:

$$\theta = (i_1 - i_2)$$

Es decir  $\theta$  es el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes de entrada y salida, expresadas en m/m.

La curva adoptada en el enlace de rasantes es una parábola de segundo grado, con el eje vertical centrado en el punto de intersección de las rectas tangentes.

Éstas pueden ser cóncavas o convexas. La configuración de las curvas debe permitir operaciones seguras y confortables, deben ser visualmente cómodas para el conductor y permitir un buen drenaje. Para ello se deben tener en cuenta parámetros como la distancia mínima de visibilidad definida con la distancia de frenado, la longitud de desarrollo y el valor de la constante de cambio de curvatura de la curva.

La normativa empleada establece que se puede prescindir de ella cuando la deflexión entre las rasantes a vincular sea demasiado pequeña, es decir, toda vez que la deflexión  $\theta$  es menor que  $0,5\% = 0,005$  m/m, ya que la discontinuidad es imperceptible para el usuario.

El desarrollo de la curva vertical de enlace queda dado por:

$$L_V = 2 \cdot T = K \cdot \theta = K \cdot (i_1 - i_2)$$

Donde:

K = parámetro de curva vertical.

2T = proyección horizontal de las tangentes a la curva de enlace.

- **Curvas Convexas:**

Específicamente el criterio de diseño de curvas convexas adoptado se basa en considerar la distancia de visibilidad de parada respecto un obstáculo fijo situado sobre la pista de tránsito. Ésta distancia, para lograr la maniobra de frenado, depende directamente de la velocidad con la cual circula el vehículo.

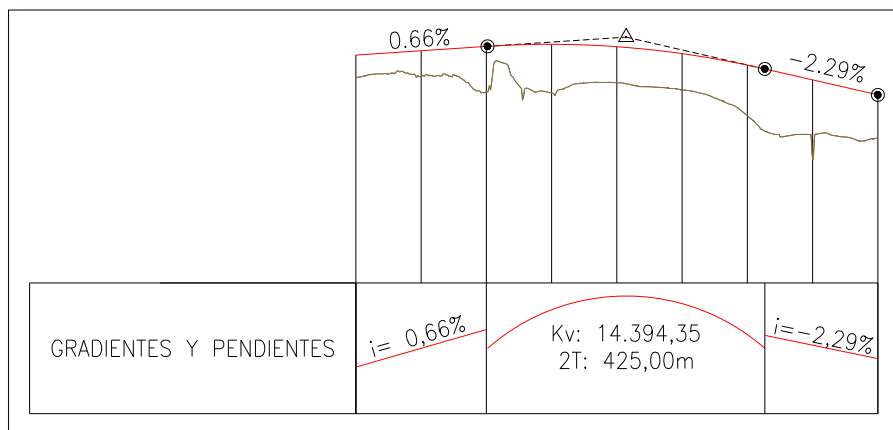
Por lo tanto se define un valor del parámetro  $K_v$ , que representa la curvatura en cada punto de la curva, para cada velocidad de proyecto y de esta forma cumplir con la condición de visibilidad, que resulta satisfactoria desde el punto de vista de la seguridad, el confort y la apariencia.

En el caso de la velocidad de proyecto del eje principal de 100 y 120 Km/h el valor de  $K_v$  es de 6800 y 14000 respectivamente, que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 6: Parámetros mínimos en curvas verticales por criterio de visibilidad de parada. Fuente: MC-V3.**

**PARAMETROS MINIMOS EN CURVAS VERTICALES  
POR CRITERIO DE VISIBILIDAD DE PARADA**

Velocidad de Proyecto	CURVAS CONVEXAS $K_v$	CURVAS CONCAVAS $K_c$
$V_p$ (km/h)	$V^* = V_p$ km/h	$V_p$ km/h
30	300	400
40	400	600
50	700	1000
60	1200	1400
70	1800	1900
80	3000	2600
90	4700	3400
100	6850	4200
110	9850	5200
120	14000	6300



**Ilustración 26: Ejemplo curva vertical convexa proyectada**

- **Curvas Cóncavas:**

El criterio adoptado para definir el diseño de las curvas cóncavas es aquel más desfavorable que puede presentarse y se basa en considerar la distancia de visibilidad de parada nocturna sobre un obstáculo fijo que debe quedar dentro de la zona iluminada por los faros del vehículo. Como el caso anterior la distancia requerida para lograr la maniobra de frenado depende directamente de la velocidad con la cual circula el vehículo.

La norma expresa que utilizando el criterio de visibilidad como parámetro mínimo es suficiente para cumplir con el resto de las condiciones. Sin embargo, se debe prestar especial atención al drenaje, es decir, se debe asegurar una pendiente transversal adecuada y suficiente para evacuar las aguas de lluvia caída sobre la calzada, ya que en caso contrario podría quedar acumulada en el punto bajo correspondiente a esta tipología de curvas.

En la siguiente tabla se presentan los valores de diseño de  $K_c$  recomendados para cada velocidad de proyecto.

Tabla 7: Parámetros mínimos en curvas verticales por criterio de visibilidad de parada. Fuente: MC-V3.

**PARAMETROS MINIMOS EN CURVAS VERTICALES  
POR CRITERIO DE VISIBILIDAD DE PARADA**

Velocidad de Proyecto	CURVAS CONVEXAS $K_v$	CURVAS CONCAVAS $K_c$
$V_p$ (km/h)	$V^* = V_p$ km/h	$V_p$ km/h
30	300	400
40	400	600
50	700	1000
60	1200	1400
70	1800	1900
80	3000	2600
90	4700	3400
100	6850	4200
110	9850	5200
120	14000	6300

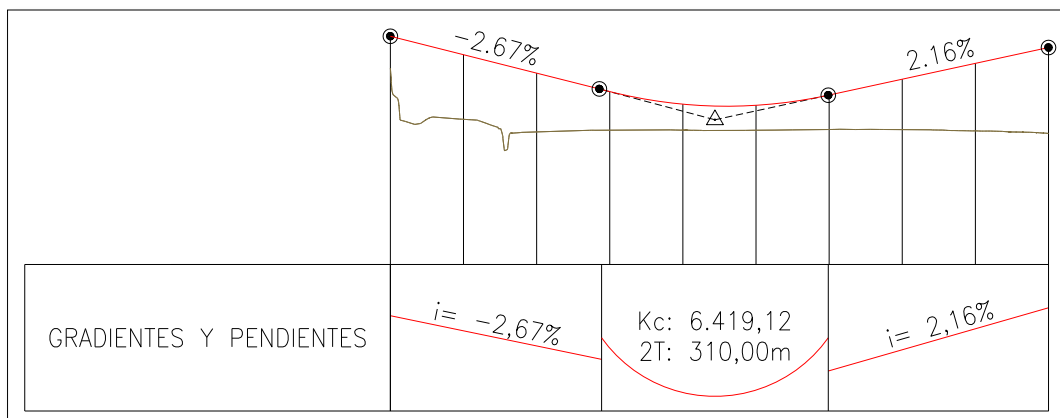


Ilustración 27: Ejemplo curva vertical cóncava proyectada

### **3.3.3. Parámetros de Diseño Planialtimétricos**

En el Anexo N° 1 se muestra una tabla resumen con todos los parámetros de diseños mínimos y/o máximos de los distintos elementos que conforman el trazado del eje principal del proyecto.

A partir de ellos, se realizó la verificación y adecuación del anteproyecto original, llevando a cabo las modificaciones correspondientes del eje principal y la rasante del proyecto, obteniendo como resultado los planos de planialtimetrías presentados al comitente o mandante. Los mismos se muestran en el Anexo N° 4.

### 3.4. ADECUACIÓN DEL ANTEPROYECTO DEL AÑO 2012

La tarea más importante que debió realizar el equipo técnico fue la de unificar las diferentes tentativas de trazado de los elementos del proyecto, llevadas a cabo por distintos proyectistas, y verificar el mismo para cumplimentar con los condicionantes impuestos.

Los principales puntos del trazado tanto en planta como en altimetría que se modificaron respecto al anteproyecto original, para adecuarlos a los condicionantes anteriormente mencionados, fueron:

#### 3.4.1. Planimetría

##### 3.4.1.1. Adecuación del trazado en planta de acuerdo a la velocidad de circulación:

Los usuarios, ante un flujo moderado de vehículos donde prácticamente no existen interferencias o fricciones en cuanto a la circulación o las mismas son bajas, sumado a un trazado amplio en planta, es decir, aquel que presenta curvas de radios mucho mayores a los radios mínimos, dados en función de la velocidad de proyecto anteriormente descrita, y rectas de gran longitud, tienden a aumentar la velocidad de circulación más allá de la velocidad de proyecto definida para la traza que se analiza. Cuando una cantidad suficiente de conductores circulan a una velocidad dada entre 0 km/h y una superior a la establecida para la vía, se justifica la adecuación del trazado en planta a ésta velocidad más elevada, denominada como **Velocidad Percentil 85 (V<sub>85%</sub>)**, que según el MC-V3, la define como “aquella velocidad no superada por el 85% de los usuarios en un tramo de características homogéneas, bajo las condiciones de tránsito prevalecientes, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de este con otras vías y con la propiedad adyacente. Cuando dichas condiciones no imponen restricciones, la V<sub>85%</sub> suele ser mayor que la velocidad de proyecto, independientemente de si la velocidad de proyecto está señalizada, corresponde a la máxima legal, etc. En consecuencia, el 85% de los usuarios circula a la V<sub>85%</sub> o menos y un 15% de los usuarios supera dicha velocidad”

En los distintos tramos de la vía los parámetros mínimos de diseño a adoptar serán aquellos relacionados, no con la velocidad de proyecto establecida para la vía, sino con la *velocidad de desplazamiento previsible* que alcanzan los vehículos, pero que no sobrepasan, un porcentaje significativo (85%) de usuarios al recorrer los mismos, logrando así garantizar un diseño seguro y confortable a lo largo de toda la ruta. Ésta situación no ha sido contemplada en el anteproyecto original, por tal razón se debió adecuar el trazado a los parámetros mínimos y máximos a partir de ésta mayor velocidad, la cual está definida mediante consideraciones estadísticas y de acuerdo a la geometría del tramo, ya sea en recta o en curva. Como resultado del análisis de los diferentes elementos sucesivos del trazado en planta y debido a que se trata de

calzadas unidireccionales siendo no restrictiva la posibilidad de adelantamiento, ante la mayor velocidad de los diferentes tramos, se aumentaron los radios de las curvas circulares, como consecuencia de una radio mínimo superior respecto al correspondiente a la velocidad de proyecto de la vía y asimismo los parámetros de los arcos de enlace, disminuyendo de esta forma la longitud de las rectas, favoreciendo de esta forma, la generación de un trazado sin demasiada monotonía y evitando así un gran aumento de la velocidad de circulación por encima de la velocidad de proyecto, aspecto deseable en el diseño.

Por otro lado debe tenerse en cuenta además aquella velocidad que asegure una visibilidad adecuada, en todos los puntos del trazado, de la distancia necesaria para producir la parada del vehículo ante la aparición de un obstáculo en el medio de la calzada por donde circula el mismo ( $V^*$ ), por lo general éste es un evento de muy baja ocurrencia. Mayormente, ésta velocidad se encuentra comprendida entre los valores de la velocidad de proyecto y la Percentil 85, por ende verificando las alineaciones para ellas verifica para la velocidad de visibilidad de parada.

Además se verifica la **Velocidad Especifica ( $V_e$ )** de los diferentes elementos curvos que conforman el trazado, la cual se define como “la máxima velocidad a la cual se puede circular por un elemento del trazado bajo ciertas condiciones como son seguridad y comodidad, pavimento húmedo, neumáticos en buenas condiciones, sin que existan condiciones meteorológicas, de tránsito, del estado del pavimento o del entorno de la vía que impongan limitaciones a la velocidad”. Ésta siempre debe ser mayor o igual que la Velocidad Percentil 85, ya que de esta forma se cumple los criterios de seguridad y comodidad para los usuarios al transitar por la curva.

Como ejemplo se puede citar la curva de la Dm. 2.300 del eje principal del proyecto, donde en el anteproyecto original presenta un radio de 725 m., cuando el mínimo para la velocidad de proyecto de 120 km/h correspondiente a este tramo es de 700 m., dado que la longitud de la recta precedente tanto por un sentido como por el otro es mayor a 400 m. la velocidad percentil 85 ( $V_{85\%}$ ) es de 125 km/h, según la tabla, aportada por la norma vigente, que se presenta seguidamente, esto quiere decir que los conductores al transitar por la traza recta, al final de la misma el 85% de ellos alcanza una velocidad de 125 km/h o menos, por lo que se debe asegurar que la curva siguiente presente un radio tal que sea seguro para la velocidad adquirida por los usuarios de la vía.

**Tabla 8:  $V_{85\%}$  en función de la longitud de recta y velocidad de proyecto. Fuente: MC-V3.**

**TABLA 3.201.301(1).B  
V85% AL FINAL DE UNA RECTA SEGUN LONGITUD Y VELOCIDAD DE PROYECTO**

V Proyecto km/h	40	50	60	70	80	90	100	120
400 m ≤ Lr ≤ 600 m	50	60	70	80	90	100	110	125
Lr > 600 m	60	70	80	90	100	110	115	130

Por lo antes explicado, se prosigue por la determinación del radio mínimo para una velocidad específica de igual valor que la velocidad anteriormente determinada, la cual se extrae de la siguiente tabla:

Tabla 9: Radio de curvas horizontales en función Velocidad específica. Fuente: MC-V3.

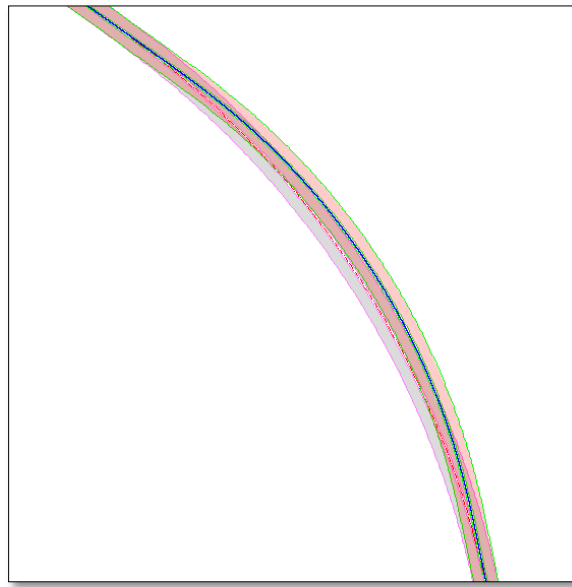
## I CARRETERAS

### Autopistas - Autorrutas - Primarios

R (m)	p %	Ve (km/h)	t
250	8,0	80,1	0,122
300	8,0	86,6	0,117
330	8,0	90,1	0,114
350	8,0	92,3	0,112
400	8,0	97,5	0,107
425	8,0	99,9	0,105
450	8,0	102,2	0,103
500	8,0	106,6	0,099
540	8,0	109,9	0,096
550	8,0	110,7	0,095
600	8,0	114,5	0,092
650	8,0	118,1	0,089
700	8,0	121,4	0,086
720	7,9	122,5	0,085
750	7,8	124,1	0,084
800	7,5	126,2	0,082
850	7,2	128,1	0,080
900	7,0	130,2	0,078
950	6,7	> 130	0,077
1000	6,5	> 130	0,075
1200	5,7	> 130	0,070
1500	4,8	> 130	0,064
1800	4,2	> 130	0,059
2000	3,8	> 130	0,056
2200	3,6	> 130	0,054
2500	3,2	> 130	0,050
2800	3,0	> 130	0,047
3000	2,8	> 130	0,045
3500	2,5	> 130	0,041
4000	2,3	> 130	0,038
4500	2,1	> 130	0,035
5000	2,0	> 130	0,032
7000	2,0	> 130	0,022

Puede notarse que el radio mínimo necesario es de 800 m., valor mucho mayor que el adoptado en el anteproyecto original. Por lo tanto se adopta para la curva en cuestión un radio de 950 m., logrando de esta forma dos efectos simultáneos, por un lado la

disminución de la longitud de las rectas anterior y posterior a la misma, con lo cual se garantiza que al transitar por la misma la velocidad que se alcanza sea menor a la correspondiente en el anteproyecto original, por el otro, se tiene que la curva así proyectada logra un gran margen de seguridad respecto de la velocidad con la que pueden llegar a circular los vehículos. A continuación se presenta una imagen comparativa de la curva horizontal citada, tanto en el diseño anterior como el diseño realizado por el equipo técnico.



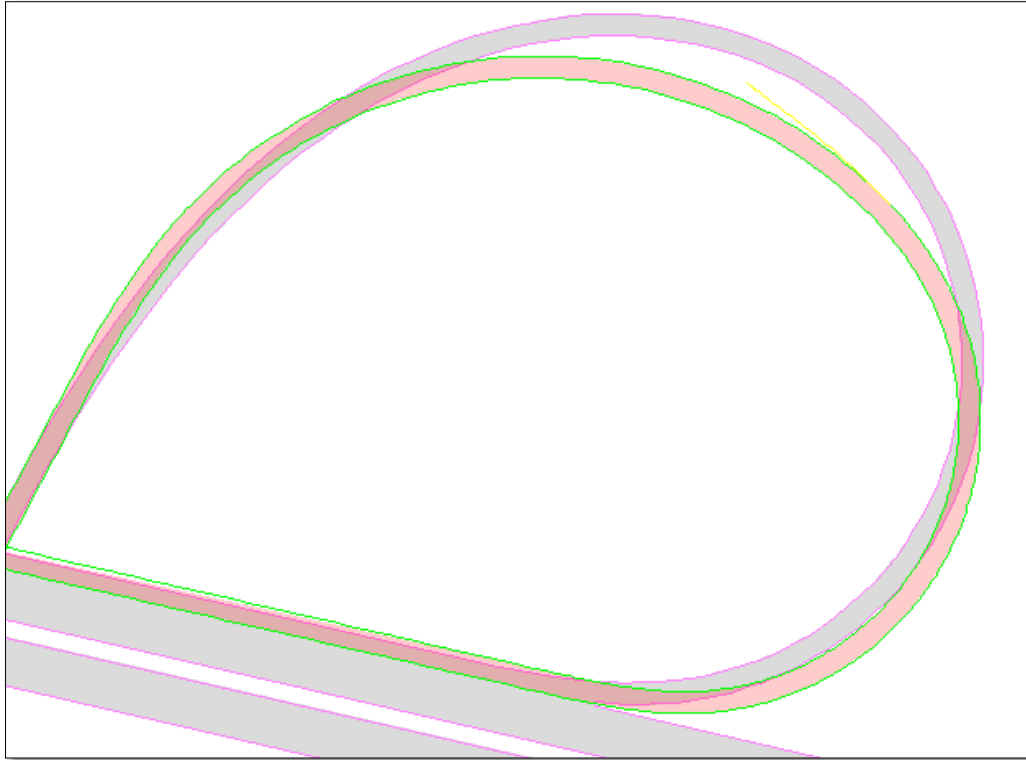
**Ilustración 28: Imagen comparativa traza eje principal. Rojo: Anteproyecto Original. Gris: Anteproyecto Entregado**

#### 3.4.1.2. Geometrías indeseables:

Los lazos y ramales de los diferentes enlaces proyectados en el Anteproyecto del 2012, presentaban una geometría indeseable dada por la falta de tangencia entre los ejes de los trazados curvos y falso ovoide, es decir, dos curvas circulares del mismo sentido próximas entre sí, enlazadas mediante dos colotoides de distinto parámetros, cuando lo recomendable es mantener el mismo valor del mismo, ya que de esa forma se asegura un mejor guiado óptico del vehículo que transita por este tipo de elementos del trazado en planta. Éstas son configuraciones indeseables en los trazados viales, ya que las mismas poseen zonas en que no existe una clara definición de la curvatura del elemento que se está recorriendo, lo cual puede llegar a ser de gran peligrosidad, debido a que puede inducir a la realización de maniobras erráticas.

Por tal motivo se modificaron dichos elementos generando geometrías dada por ovoide, ovoide doble, clotoide - curva circular – clotoide, donde en algunos casos los arcos de enlace se diseñaron simétricos y otros asimétricos, dependiendo de la disponibilidad de espacio.





**Ilustración 29: Imagen comparativa traza lazo Sur-Poniente, Enlace R68. Rojo: Anteproyecto Original. Gris: Anteproyecto Entregado**

#### 3.4.1.3. Pistas segregadas

Cuando son necesarias entradas y salidas próximas entre sí en un tramo de carretera se generan interferencias entre las sucesivas pistas de cambio de velocidad y/o dificultades de maniobra tanto para el tránsito de paso como para el que gira. Además, se generan problemas de señalización.

La solución a esta problemática adoptada se basa en la incorporación de una única salida mediante una pista segregada, evitando de esta forma confusiones en los conductores respecto del camino que se quiere seguir, ya que dentro de la misma se hacen las correspondientes maniobras para continuar la dirección deseada.

La pista en cuestión se proyecta con la mayor velocidad de proyecto correspondiente de las dos vías que ésta aísla.

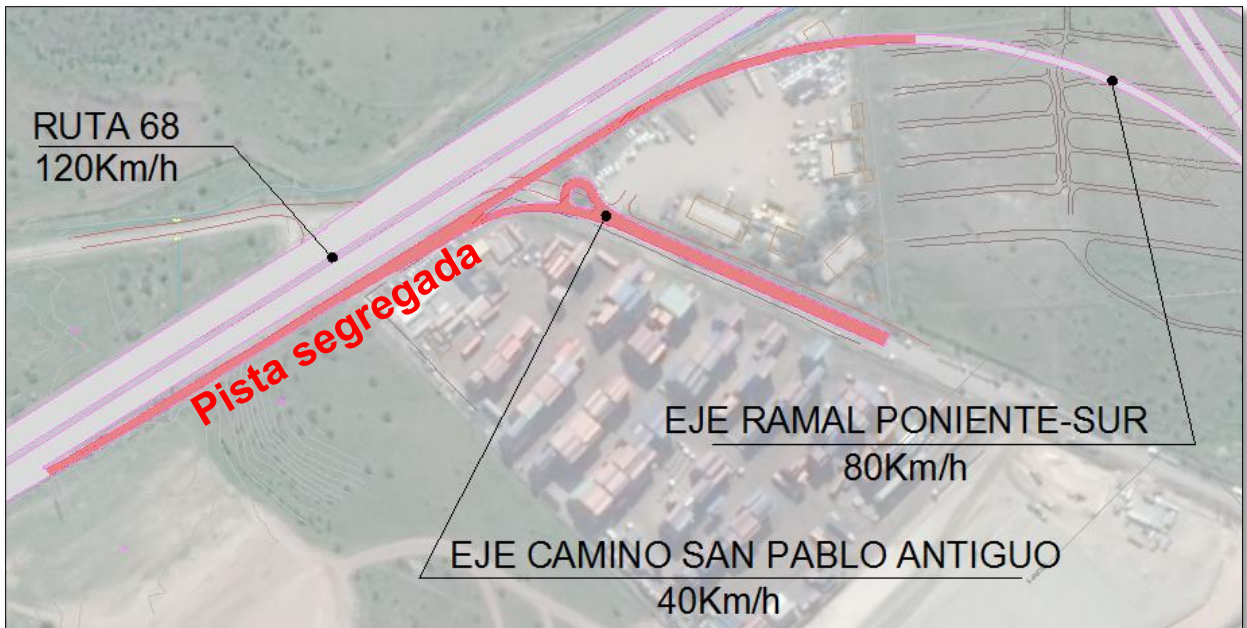


Ilustración 30: Ejemplo pista segregada proyectada

#### 3.4.1.4. Entrecruzamientos

Un tramo de trenzado se define como aquella zona que se entrecruzan distintas corrientes de tránsito que siguen un mismo sentido de circulación. En el anteproyecto en cuestión se presentaron tramos de trenzado de tipología simple, dado por una entrada a la carretera principal seguida inmediatamente por una salida de la misma, como consecuencia de los lazos dispuestos en cuadrantes contiguos del trébol incompleto planteado en la intersección de la traza del eje principal con la Ruta 78.

La solución ideal a estos problemas, y la que ha sido adoptada en el diseño dado que los puntos de ingreso y de salida sucesivos entre sí distan en menos de 450 m., es la provisión de una calzada Colectora-Distribuidora (C-D), debido a los grandes volúmenes de tránsito que son esperados y de esta forma evitar la disminución del nivel de servicio afectando la operación en la calzada principal donde ocurrirían estos entrecruzamientos.

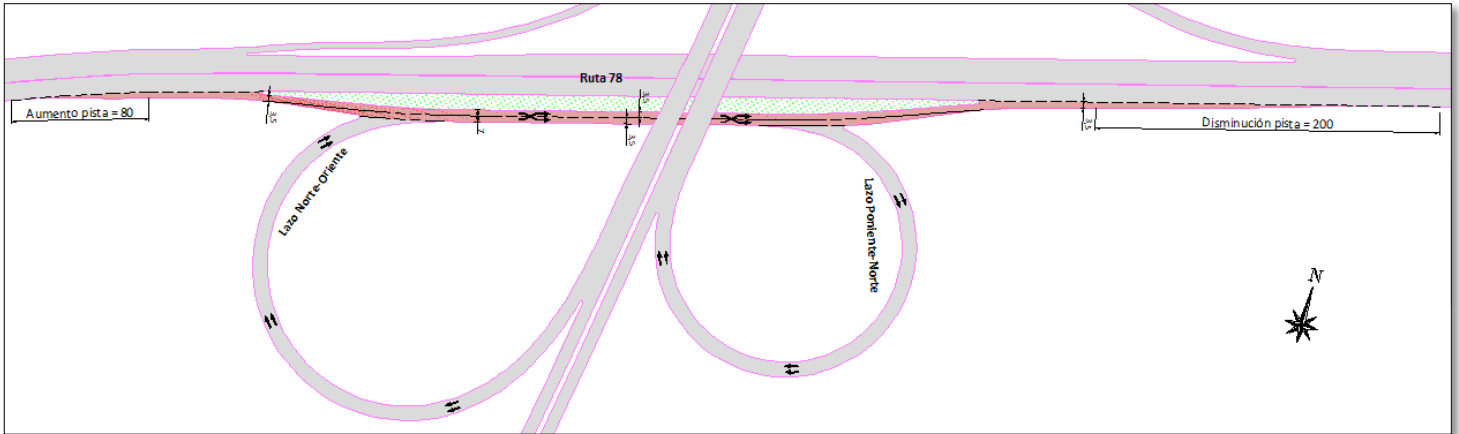


Ilustración 31: Pista Colectora - Distribuidora proyectada

#### 3.4.1.5. Etapa II:

Éste punto es de gran complejidad en cuanto al diseño geométrico debido a que se trata de una divergencia de carreteras con una elevada velocidad de proyecto, es decir, dos autopistas, una ejecutada en una primera etapa y la otra en una segunda fase, por lo tanto es de primordial importancia considerar que el flujo debe ser ininterrumpido, fluido y sin disminución, en gran magnitud, de la velocidad de circulación de los usuarios en este tramo crítico.

Para resolver este punto conflictivo se procedió básicamente a realizar la divergencia de dos pistas de cada calzada del eje principal del proyecto, tanto izquierda como derecha, constituyendo dos calzadas independientes entre sí, que luego de atravesar, ambas calzadas, por encima la calle troncal La Farfana y, la calzada derecha, la vía denominada Etapa II del anteproyecto por debajo, se volverán a unir, aunque separadas mediante la correspondiente mediana, conformando de esta manera una vía con dos calzadas unidireccionales de dos pistas cada una a partir de dicho punto. Una vez separadas ambas calzadas, el perfil de dos pistas por calzadas que conforman el tramo Etapa II, sigue su rumbo hacia el sur hasta el enlace con la Av. La Rinconada en la comuna de Maipú.

Cabe recalcar que para lograr la separación de ambas calzadas respecto del eje principal de la vía y de esta forma constituir dos ejes independientes por cada una de las mismas, se debe tener en cuenta el balance o equilibrio de pistas que a continuación se explica:

→ Balance de pistas

Se define primeramente el Número Básico de Pistas, el cual es el número constante de pistas, que forman la carretera, que se mantienen en tramos tan largos como sea posible, por lo que no se debe reducir el número de pistas en forma ocasional por

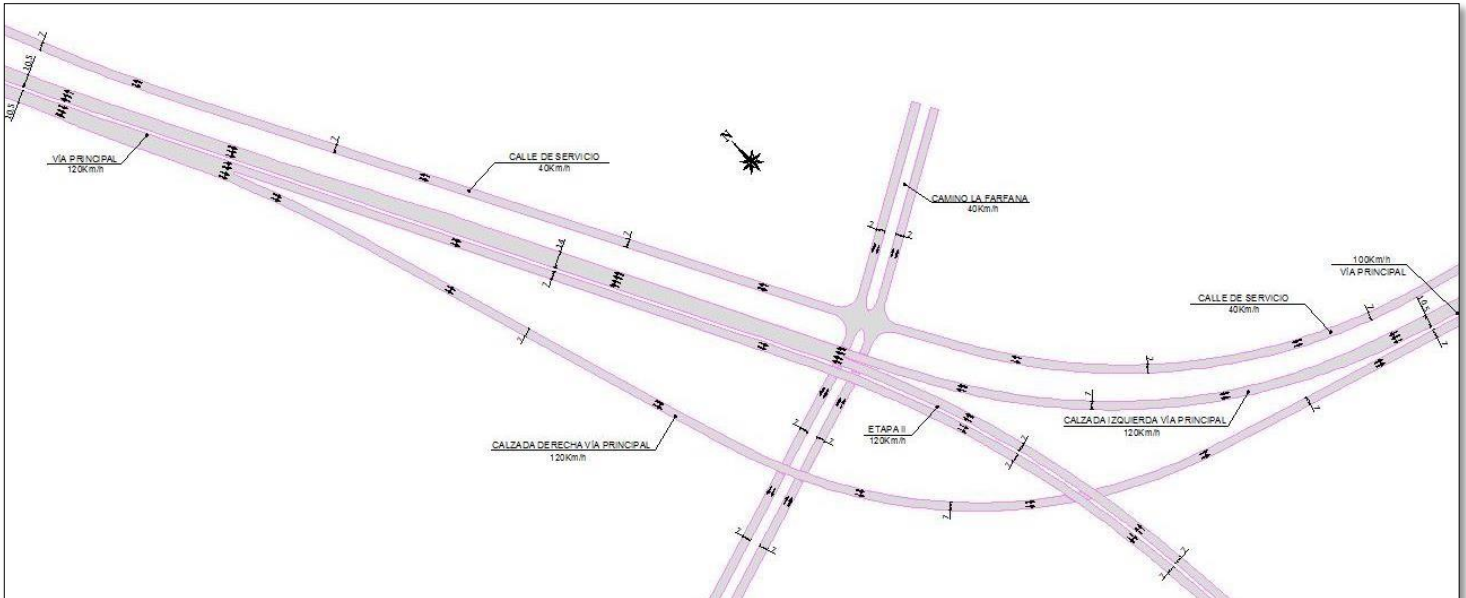
reducciones locales de la demanda. En cuanto a la ampliación del número de pistas por aumentos puntuales de la demanda, éstos deben ser resueltos con pistas auxiliares.

Para que la operación vehicular sea eficiente en la zona de divergencia y posteriormente a ésta, debe existir un adecuado equilibrio entre el número de pistas de las calzadas que se separan y de la vía que surge en éste punto en forma divergente. Cabe destacar que esto mismo debe ser tenido en cuenta en los enlaces, es decir, lograr un adecuado balance de pistas entre los ramales, ya sea de entrada o de salida, con respecto a las vías principales que se vinculan.

Una vez determinado el número básico de pistas en cada carretera, el equilibrio entre las pistas debe ser comprobado sobre la base de los siguientes principios:

- En las entradas, el número de pistas que debe existir más allá del ingreso no debe ser inferior a la suma de todas las pistas convergentes menos una.
- En las salidas, el número de las pistas de la carretera previas a la salida debe ser igual al número de las pistas de la carretera posteriores a la salida más el número de pistas de salida, menos una.

Dicho esto, sabiendo que la continuación de la vía en la segunda etapa las calzadas se conforman por dos pistas, y el eje principal que antes de la divergencia posee tres pistas y luego de este punto, continua hasta el enlace con la Ruta 78 con dos calzadas de dos pistas cada una, por lo tanto son necesarias en total 4 pistas por calzadas para lograr la divergencia, se requiere la adición de una sola pista en el eje principal en inmediaciones de dicho punto. De esta forma se tiene por un lado que antes de alcanzar el punto de divergencia de la calzada derecha se adiciona la pista faltante, y por el otro, luego de confluir la calzada izquierda con la vía Etapa II se tiene cuatro pistas por lo que debe ser necesario la eliminación de una de ellas para conformar el perfil de tres pistas por calzada.



**Ilustración 32: Solución adoptada Empalme Etapa II**

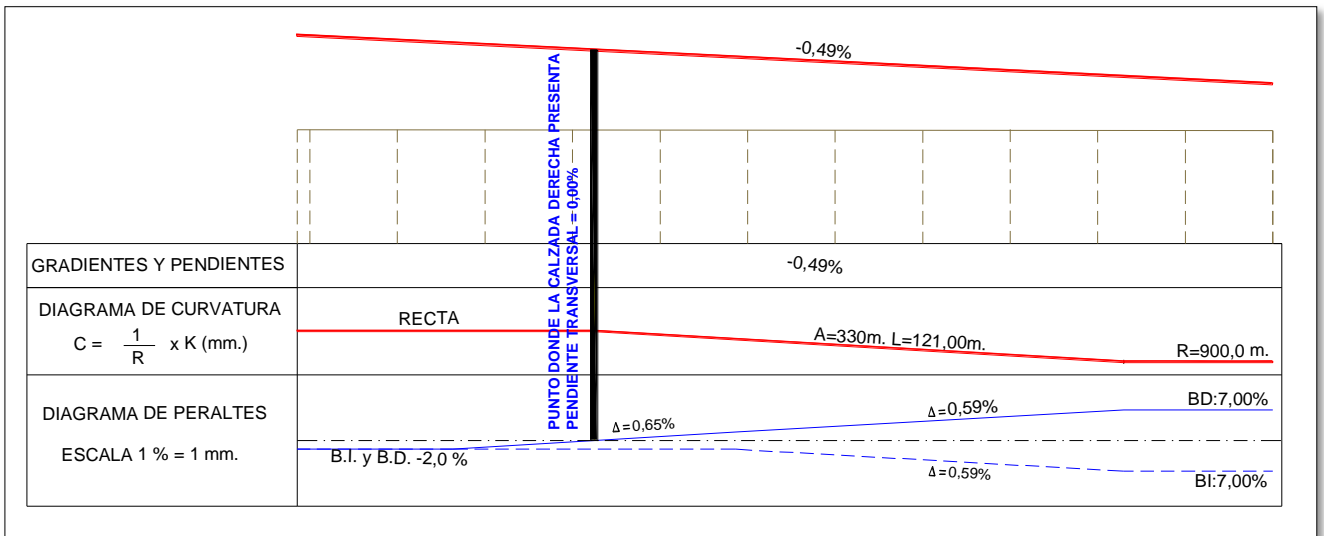
Es de gran relevancia destacar que, más allá del diseño que se dé a ésta divergencia, la señalización es fundamental, no sólo en este tramo sino a lo largo de todo el desarrollo del proyecto, para que los conductores de los vehículos adviertan con suficiente anticipación que existe una vía alternativa por la cual se puede optar, y que le dé el tiempo de decisión necesaria para guiar su recorrido hacia donde tenga preferencia.

### 3.4.2. Altimetría

#### 3.4.2.1. Coordinación planialtimétrica:

El punto más relevante, respecto al diseño en alzado presentado en el anteproyecto original fue que el mismo presentaba deficiencias en cuanto al drenaje, debido a una inadecuada coordinación planialtimétrica. Esta falta de coordinación se debe principalmente a que existen tramos, en el anteproyecto del 2012, de transición de peralte donde la pendiente longitudinal es menor a la mínima establecida por normativa, la cual es de 0,50%. Esto es así ya que en la transición de peralte la calzada que se encuentra del lado exterior de la curva, gira alrededor del eje pasando del bombeo normal al bombeo reverso, por lo que en un punto específico, la calzada presenta una pendiente transversal del 0,00%; como consecuencia de esto el agua de lluvia caída sobre la calzada en inmediaciones de este punto sólo puede ser eliminada a través de la pendiente longitudinal que se establezca y debe ser como mínimo de 0,50% para lograr el escurrimiento rápido y seguro del agua sobre la superficie de rodadura. Por esta razón es que se adoptó dicho valor de pendiente longitudinal mínima en alzado, para asegurar en todos los puntos de la traza un eficiente escurrimiento del agua de lluvia que cae sobre las calzadas.

ANTEPROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO “CONEXIÓN VIAL RUTA 68 HASTA RUTA 78”  
Santiago de Chile - Chile



**Ilustración 33: Falta de coordinación planialtimétrica del Anteproyecto Original. Pendiente longitudinal < 0,50%**

En el Anexo N° 4: “Planialtimetrías” se muestra el diseño final de todos los elementos que conforman el anteproyecto presentado.

### 3.5. PERFIL TRANSVERSAL

#### 3.5.1. Partes constituyentes

##### 3.5.1.1. PLATAFORMA

Es la superficie visible de una vía, la cual está formada por la/s calzada/s, las bermas, los sobrecanchos de plataforma (SAP) y su mediana si existiera. La altimetría de la plataforma está dada por el perfil longitudinal de la rasante y por la inclinación transversal de sus elementos. La plataforma puede contener algunos elementos auxiliares, tales como barreras de seguridad, soleras, iluminación o señalización.

##### 3.5.1.2. CALZADAS

Una calzada es una faja geoméricamente definida, de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros de los mismos. La calzada está formada por dos o más pistas, con sentido unidireccional o bidireccional. Una pista será entonces cada una de las divisiones de la calzada que pueda acomodar una fila de vehículos transitando en un sentido.

- **Bombeo normal:**

En tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura permite el contraperalte, las calzadas deberán tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima o bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura y de la magnitud de la lluvia propia del área en que se emplaza el trazado, y así permitir su eliminación en el menor tiempo posible de la calzada.

##### 3.5.1.3. BERMAS

Las bermas son las franjas adyacentes al pavimento de la/s calzadas/s. Ellas pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial, o simplemente ser una prolongación de la capa de grava en los caminos no pavimentados. Las bermas cumplen cuatro funciones básicas: proporcionan protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad; permiten detenciones ocasionales; aseguran una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores, aumentando de este modo la capacidad de la vía, y ofrecen espacio adicional para maniobras de emergencia, aumentando la seguridad. Para que estas funciones se cumplan éstas deben ser de un ancho constante, estar libres de obstáculos y deben estar compactadas homogéneamente en toda su sección. Las bermas tendrán la misma pendiente transversal que la calzada, ya sea que ésta se desarrolle en recta o en curva.

##### 3.5.1.4. SOBRECANCHOS DE LA PLATAFORMA (SAP)

La plataforma en terraplén tendrá siempre un SAP mínimo de 0,5 m que permita confinar las capas de subbase y base de modo que en el extremo exterior de la berma sea posible alcanzar el nivel de compactación especificado. Consecuentemente, en los 0,5 m exteriores del SAP no se podrá lograr la compactación máxima exigida por el resto de la plataforma por falta de confinamiento y riesgo por pérdida de estabilidad del equipo de compactación autopropulsado.

Las funciones básicas del SAP son: por un lado, como se expresó anteriormente, confinar la estructura de las bermas y por el otro proporcionar el espacio suficiente para la instalación de las barreras de seguridad y la señalización vertical.

A medida que la velocidad de proyecto es mayor, aumenta el ancho de SAP requerido para ubicar la señalización vertical, ya que el tamaño de las mismas aumenta con la velocidad de proyecto.

La pendiente transversal del SAP ( $i_s\%$ ), es constante a lo largo de todo el desarrollo de la vía y son generalmente más empinadas que el resto de los elementos constituyentes de la plataforma. Se debe cuidar que la deflexión entre esta superficie y las bermas no sea excesiva.

#### 3.5.1.5. MEDIANA

Es el espacio libre existente entre los bordes interiores de los pavimentos de dos calzadas unidireccionales. La mediana debe proveerse por razones de seguridad, al permitir, ya sea por su ancho o por los dispositivos que en ella se instalen, controlar la invasión premeditada o accidental de las pistas de la calzada de tránsito en sentido contrario.

#### **3.5.2. Perfil tipo del eje principal del proyecto:**

Como todos los elementos del trazado, la determinación de las dimensiones dependen principalmente de los condicionantes anteriormente expuestos en el presente informe, donde por normativa se establecen límites recomendables para cada una de las partes constituyentes del perfil transversal según la categoría de la vía correspondiente y su velocidad de proyecto, donde mientras más importante es la carretera mayores dimensiones son las necesarias para albergar al tránsito demandante a su vez cumplimentando con la funcionalidad establecida para la misma, ya sea de movilidad o de accesibilidad, teniendo en cuenta el nivel de servicio que se le quiere otorgar a la vía, determinado principalmente por la capacidad de la misma.

Dado que se trata de una vía con previsión de un gran volumen de tránsito pasante y se requiere alta movilidad, el eje principal del proyecto se constituye de doble calzada en sentido unidireccional con 3 o 2 pistas, dependiendo del tramo considerado, de 3,50 m. de ancho cada una, proyectando un bombeo normal de las calzadas de 2%,



siendo el punto elevado de las mismas su borde interior, es decir que cada calzada tiene pendiente hacia un solo lado.

Separando ambas calzadas unidireccionales existe una mediana de 3,02 m. de extensión, siendo de menor dimensión recomendada por la normativa consultada, por lo que en el centro de la misma se desarrolla una barrera de contención de hormigón simétrica tipo F alta, constituyendo bermas interiores de 1,20 m de ancho a cada lado.

Como se expuso anteriormente, dado la elevada categoría de la vía y su alta velocidad de proyecto, se requieren de bermas lo suficientemente extensas como para albergar los vehículos detenidos por emergencia sin constituir interferencia en el flujo pasante, por lo que se adoptó bermas exteriores con un ancho de 2,50 m.

Las bermas, tanto interiores como exteriores, se proyectan con un doble tratamiento superficial bituminoso y con una pendiente transversal de igual sentido y magnitud que las calzadas adyacentes.

Por último el sobrecancho de plataforma (SAP) requerido según recomendaciones normativas es de 1,50 m. para una Velocidad de Proyecto de 120 km/h y de 1,00 m. para una Vp de 100 km/h, además sobre éste se incorporan barreras laterales de contención. La pendiente transversal del mismo se adoptó en 10%.

Los paquetes estructurales fueron aportados por aquella entidad contratada para realizar el cálculo de las diferentes capas que conforman en profundidad a cada calzada.

A continuación se presentan los perfiles tipo establecidos para el eje principal del proyecto, tanto para el Tramo 1 como para el Tramo 2, diferenciando entre la primera y segunda fase de ejecución:

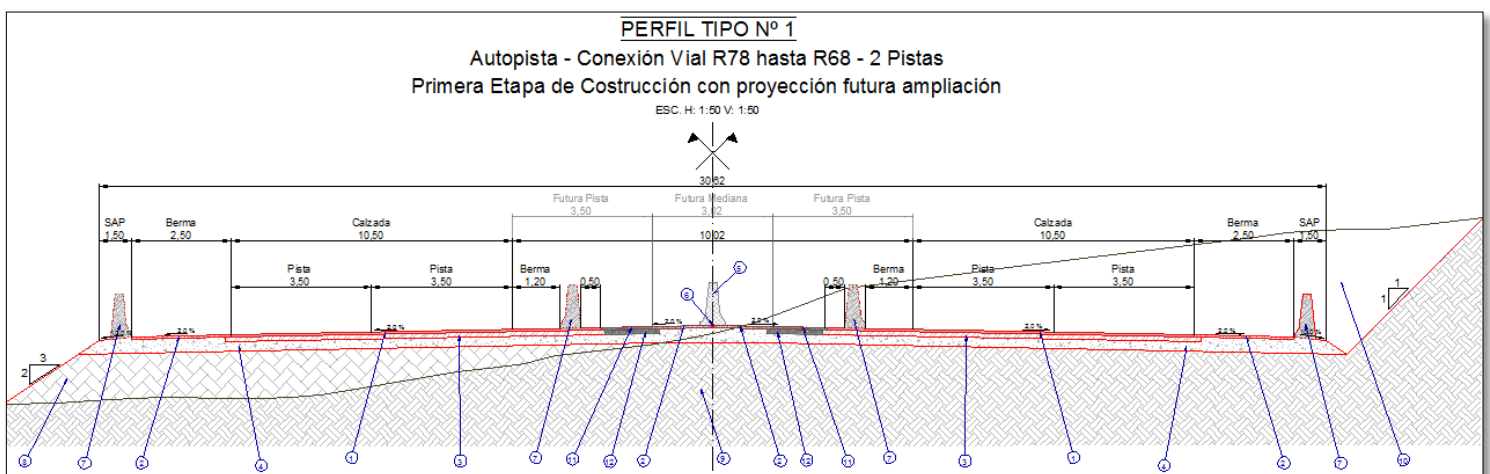
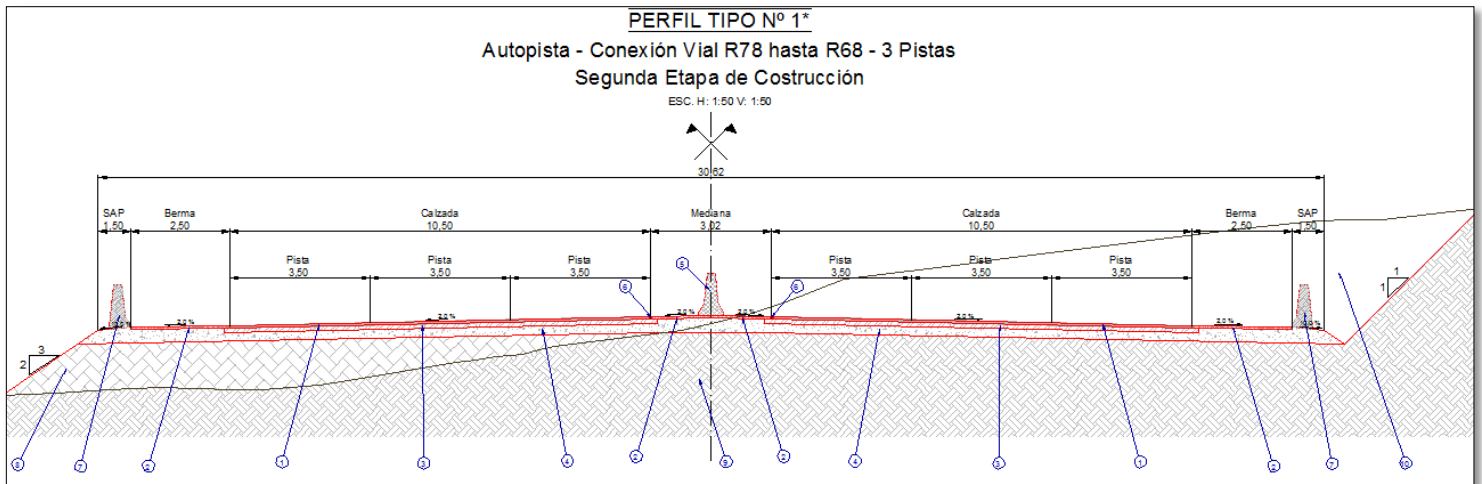
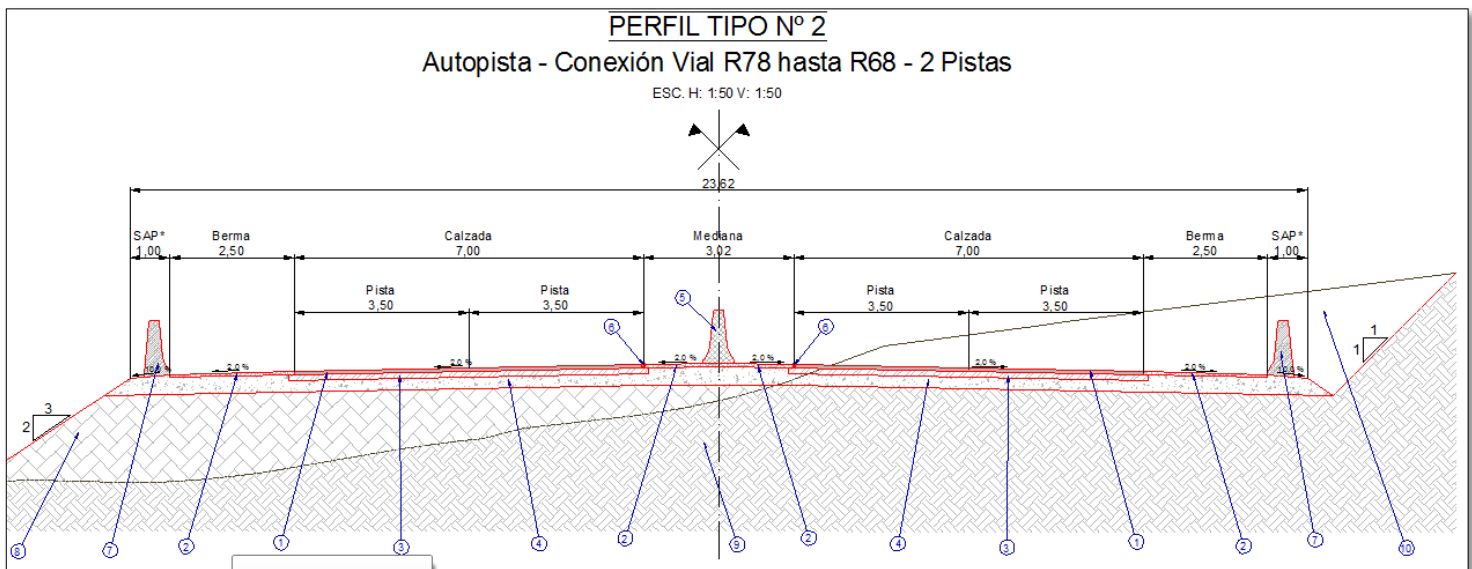


Ilustración 34: Perfil tipo eje principal Tramo 1, primera etapa de ejecución.

ANTEPROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO "CONEXIÓN VIAL RUTA 68 HASTA RUTA 78"  
Santiago de Chile - Chile



**Ilustración 35: Perfil tipo eje principal Tramo 1, segunda etapa de ejecución.**



**Ilustración 36: Perfil tipo eje principal Tramo 2**

**REFERENCIAS**

- |   |   |
|---|---|
| ① Carpeta Asfáltica de 6 cm. de espesor.  | ⑦ Barrera de contención prefabricada de Hormigón tipo F lateral según detalle lámina tipo 4.302.101 del MC-V4 |
| ② Berma revestida de concreto asfáltico de 6 cm. de espesor.  | ⑧ Terraplen compactado  |
| ③ Binder de 12 cm. de espesor.  | ⑨ Terreno natural   |
| ④ Base granular de 22 cm. de espesor  | ⑩ Desmante  |
| ⑤ Barrera de contención prefabricada de Hormigón tipo F simétrica Alta según detalle lámina tipo 4.302.101 del MC-V4. | ⑪ Futura prolongación Carpeta Asfáltica de 6 cm. de espesor según Proyecto de Diseño de Pavimento.            |
| ⑥ Punto aplicación de rasante   | ⑫ Futura prolongación Binder de 12 cm. de espesor según Proyecto de Diseño de Pavimento.                      |

**Ilustración 37: Referencias perfiles tipo eje principal Tramo 1 y 2**

### 3.5.3. Modificaciones del ancho de calzada

#### 3.5.3.1. Aumento y disminución del número de pistas

En algunos puntos del diseño se requirió de la adición de pistas y en otros casos de la eliminación ellas. La normativa consultada establece las longitudes mínimas en que se debe desarrollar la transición al ancho normal de la pista que se añade o se quita, según sea el caso. Fue necesario acudir a la modificación de la sección transversal de la plataforma generalmente en algunos de los ramales de los enlaces proyectados, aquellos en los que la calzada requiere de dos pistas de circulación, ya que la demanda de tránsito futura es elevada.

La normativa consultada establece las siguientes longitudes de desarrollo de la transición correspondiente a cada caso particular, constituyendo, de esta forma, cuñas donde el cambio de ancho de la calzada se realiza gradualmente:

- Los aumentos del número de pistas, y por consiguiente del ancho de la o las calzadas, se efectuarán en 60 m si  $V_p \leq 70$  km/h y en 80 m si  $V_p \geq 80$  km/h.
- Las disminuciones del número de pistas y por consiguiente del ancho de la o las calzadas se efectuarán en 150 m si  $V_p \leq 70$  km/h y en 200 m si  $V_p \geq 80$  km/h.

Como puede notarse, se establecen mayores longitudes para poder eliminar una pista de la calzada, esto es algo razonable, debido a que quien transita por esta pista debe ser advertido de esta situación y se le debe brindar el tiempo suficiente, que dependiendo de la velocidad con la que circula se requiere de una determinada longitud para realizar la maniobra, de forma segura, de incorporación al flujo vehicular de la pista que continúa el trayecto, sin disminución excesiva de la velocidad. En cambio, para incorporar una nueva pista a la calzada, se requiere de menos longitud, ya que el conductor al percibir mayor espacio para circular, instintivamente transita por aquel lugar que le presentan menos fricciones y mayor área libre.

La transición del ancho se lleva a cabo en forma lineal a lo largo de la longitud anteriormente mencionada para cada caso en particular.

En el caso particular de los ramales formados por dos pistas, ambas deben ser eliminadas en una longitud mayor que 750 m, la primera pista será eliminada mediante la pista de aceleración con su correspondiente longitud y luego la segunda pista con la longitud aquí establecida, completando los 750 m., si es necesario, con un tramo recto en medio, esto está establecido en el manual AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

En las ilustraciones siguientes se muestran ejemplos de las modificaciones en los anchos de calzadas proyectados:

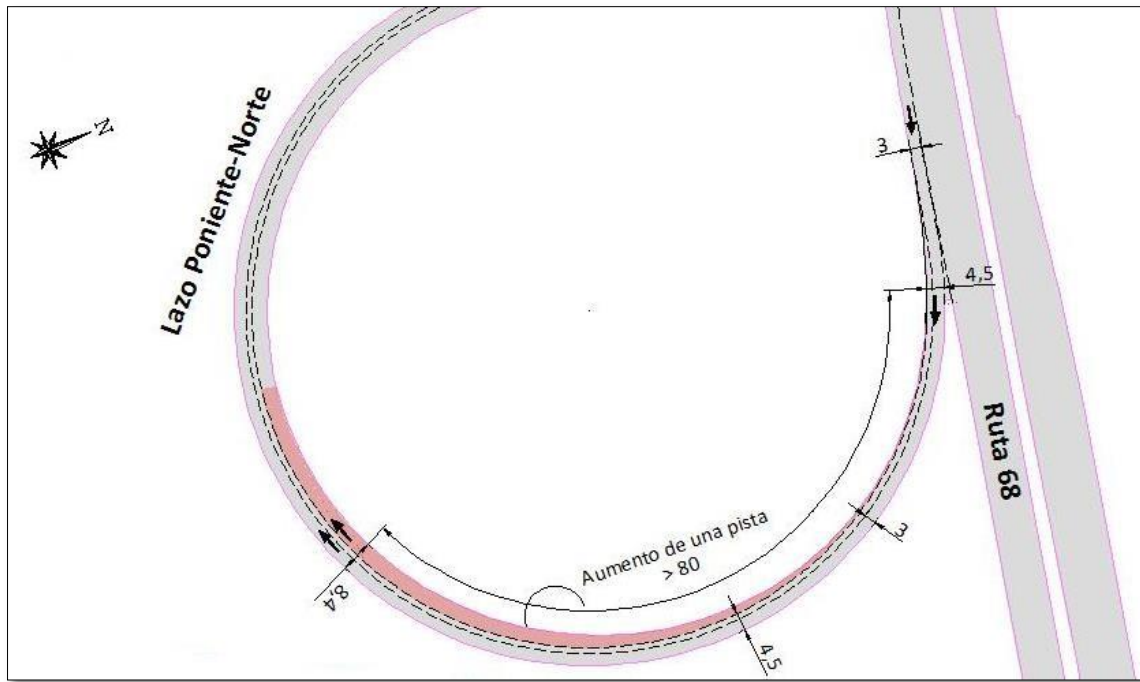


Ilustración 38: Ejemplo aumento de una pista.

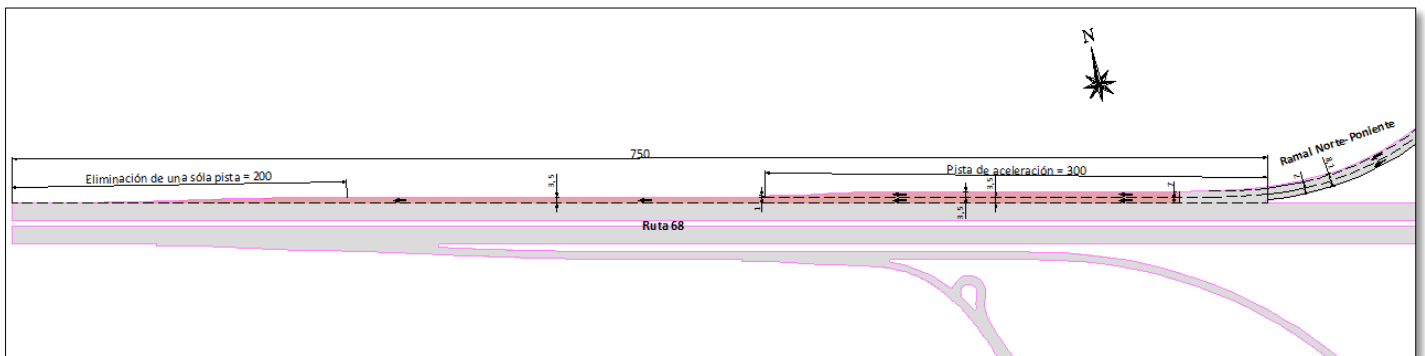


Ilustración 39: Ejemplo eliminación de dos pistas.

**CAPÍTULO Nº 4:**  
**ENLACES**



**UNC**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

**Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales**

#### 4.1. DEFINICIÓN

Se diferencia entre intersección y enlace, definidos por el MC-V3 de la siguiente manera:

Intersección: se usa para denominar, en forma general, a los dispositivos viales en los que dos o más carreteras se encuentran en un *mismo nivel*, produciéndose cruces y cambios de trayectorias de los vehículos que por ellas circulan.

Enlace: se denomina a aquellos cruces de vías en los que los movimientos se realizan a *distinto nivel*, es decir que la solución del punto conflictivo, dado por la confluencia de distintas vías, es mediante la separación de las mismas en altura y vinculándolas mediante distintas ramas.

Como el proyecto se trata de una autopista donde se tiene control total de acceso y flujo ininterrumpido de los vehículos, los puntos de encuentro de la vía proyectada con aquellas vías donde se permita el acceso deben diseñarse como enlaces, procurando la menor interferencia de los mismos en la circulación de los vehículos y así lograr un flujo continuo y fluido del tránsito demandante.

#### 4.2. TIPOLOGÍAS ADOPTADAS EN EL DISEÑO

Para definir la tipología a adoptar para cada intersección debe buscarse una solución que combine acertadamente respuestas técnicas a los requerimientos del servicio, tales como fluidez, cambio de dirección o giros, acceso y, por sobre todo, seguridad.

Los enlaces o la separación de niveles, son un complemento esencial de las autopistas en que se requiera control total de acceso. Además son necesarios los caminos laterales o calles de servicio, para acceder a dichos enlaces.

Las pistas de conexión entre las vías que se cruzan, las cuales se encuentran separadas altimétricamente, se clasifican atendiendo principalmente a sus formas, y serán descritas a continuación para una posterior definición de los tipos de enlaces adoptados en el diseño:

- **Ramales Directos:** son aquellos que mantienen el mismo sentido de curvatura a lo largo de su desarrollo. Los ramales directos, por su breve desarrollo y la simplicidad de su forma, son deseables para movimientos mayoritarios, debiendo procurarse un trazado que permita velocidades del orden de aquellas correspondientes a las carreteras enlazadas.
- **Ramales Semidirectos:** son aquellos en los que se produce, a lo largo de su desarrollo, al menos un cambio del sentido de curvatura. Para efectos de diseño serán considerados semi-directos también aquellos con la fisonomía de los directos pero con alguna condición de parada o con giros a la izquierda en la carretera de destino. Los ramales semi-directos, que por lo general tienen un

desarrollo mayor que los directos y trazados más complejos, son preferibles para volúmenes intermedios a los que se puede disminuir la velocidad sin grandes inconvenientes.

- Lazos: son aquellos ramales utilizados para dirigirse a la izquierda, mediante una curva cerrada hacia la derecha que se desarrolla en más de 180°. Por las características geométricas de los lazos, que generalmente obligan a velocidades de proyecto bajas, ya que no es factible el uso de curvas amplias, son preferibles para volúmenes de tránsito reducidos.

En el presente anteproyecto se establecieron 4 enlaces de diferentes características, según los condicionantes que cada punto conflictivo presentaba. Cabe destacar que las ramas que conforman los enlaces se las llamaron de acuerdo a los sentidos de los puntos cardinales, primero nombrando el sentido de donde provienen los vehículos, es decir, desde donde se origina el movimiento, y luego hacia el sentido de destino.

#### 4.2.1. Enlace Ruta 68

Se trata de un trébol incompleto, con dos lazos que eliminan los movimientos mayoritarios de giro a la izquierda y tres ramales directos que dan servicio a los giros a la derecha. Como se aprecia en la Ilustración siguiente no son posibles todos los movimientos.

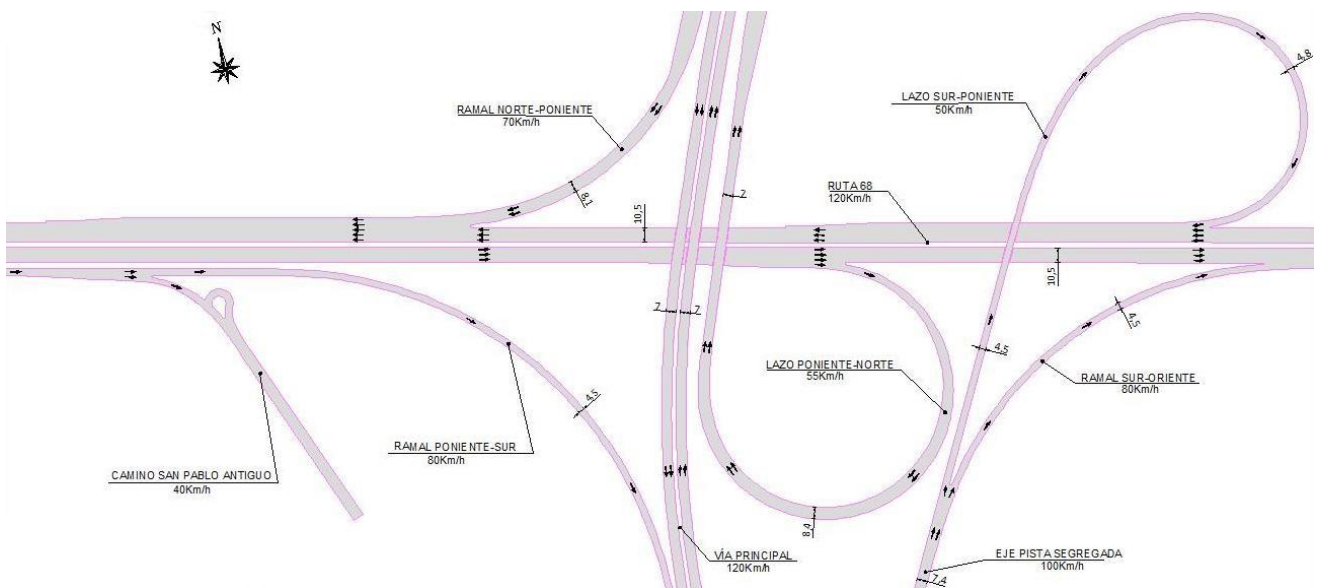


Ilustración 40: Enlace Vía Principal y Ruta 68

La tipología adoptada para esta intersección se justifica en razón de que ambas vías que este enlace vincula son de máxima categoría, es decir, que las dos vías son primarias, por lo que no se permite la detención de los vehículos para la realización de las maniobras de entrada ni de salida de cualquiera de dichas vías.

#### 4.2.2. Enlace Callejón de los Perros

La vía troncal Callejón de los Perros, se conectará a la vía principal del proyecto mediante la conformación de un enlace de tipología "Diamante", donde se prevé el paso de la autopista por sobre la troncal mediante un viaducto. Este enlace permitirá todos los movimientos, dándose los entrecruzamientos en la vía secundaria.

En este tipo de enlace todos los giros a la izquierda tienen condición de parada y se desarrollan a nivel a través de los flujos de paso por la vía secundaria. El mismo está formado por cuatro ramales del tipo semidirecto, cada uno de los cuales permite un giro a la izquierda y un giro a la derecha.

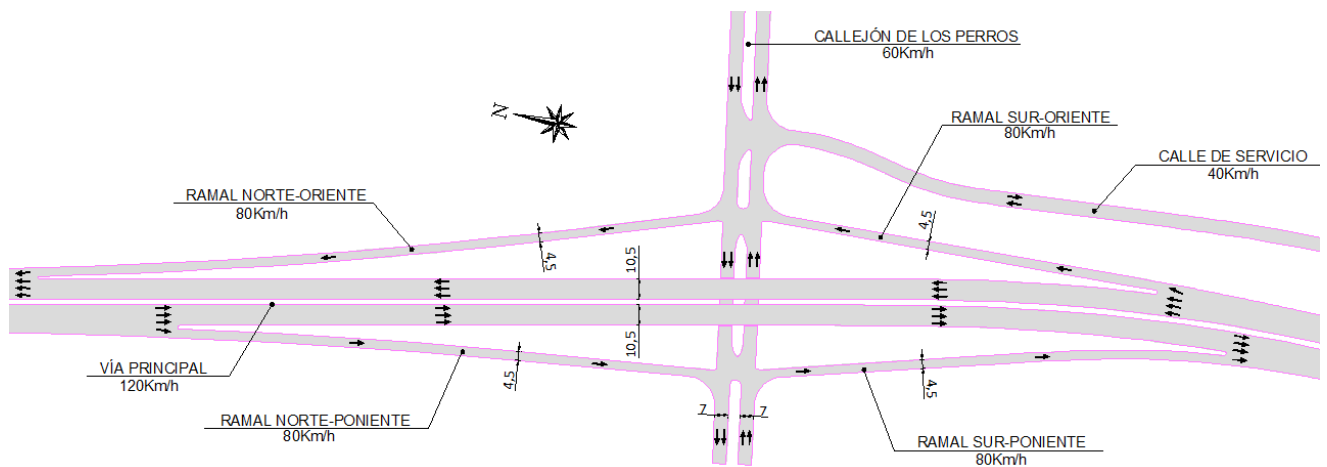


Ilustración 41: Enlace Callejón de los Perros

#### 4.2.3. Enlace Viejo Límite

En el punto donde se prevé la continuación hacia el oeste de la futura calle troncal Viejo Límite, se establece un enlace conformando un diamante parcial. El mismo está constituido por dos ramales semidirectos ubicados en los cuadrantes al norte de la calle que atraviesa por debajo al eje principal del proyecto. Los ramales son semidirectos debido a que los entrecruzamientos se dan en la vía secundaria, con condición de parada. Puede notarse que al ser un enlace de tipo diamante incompleto no son posible la realización de todos los movimientos como se puede ver en la siguiente ilustración.



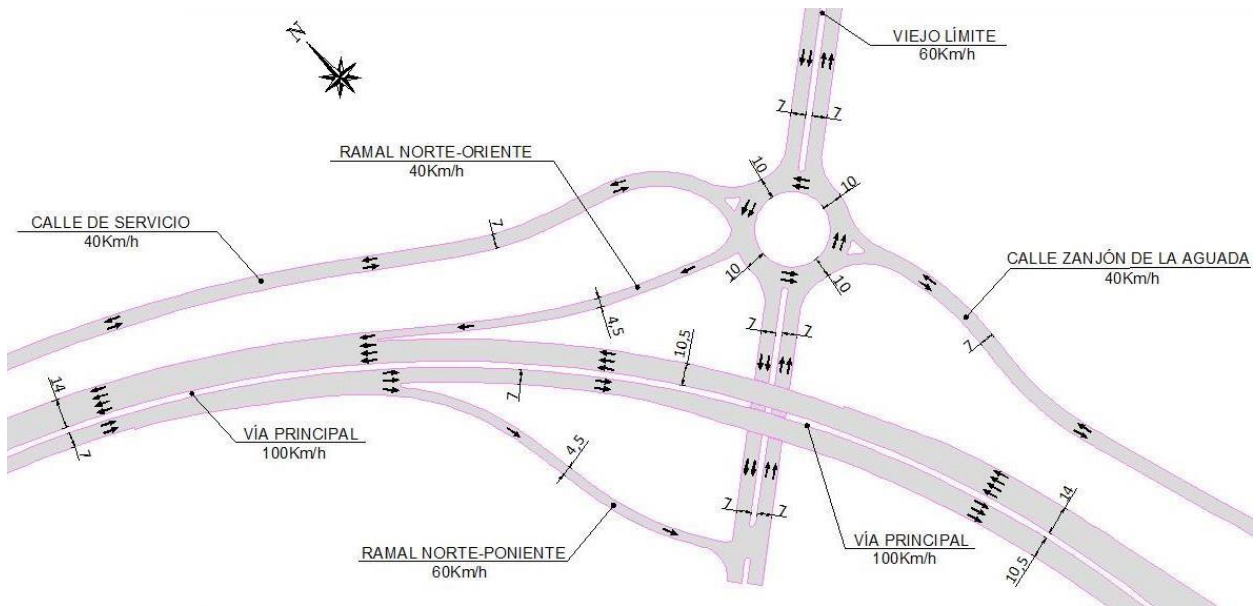


Ilustración 42: Enlace Viejo Límite

#### 4.2.4. Enlace Ruta 78

En esta intersección se presentan las mismas características que en el enlace del eje principal del proyecto con la Ruta 68. El enlace en la intersección de la vía en diseño y la Ruta 78, correspondiente a la primera etapa del proyecto, es un trébol incompleto de manera de satisfacer los movimientos de mayor demanda, constituido por dos lazos ubicados en cuadrantes contiguos hacia el sur, los cuales tienen la función de producir los giros a la izquierda y dos ramales directos para los giros a la derecha en los cuadrantes norte. Dado que se trata de un trébol parcial, no se consiguen todos los movimientos como se aprecia en la siguiente ilustración.

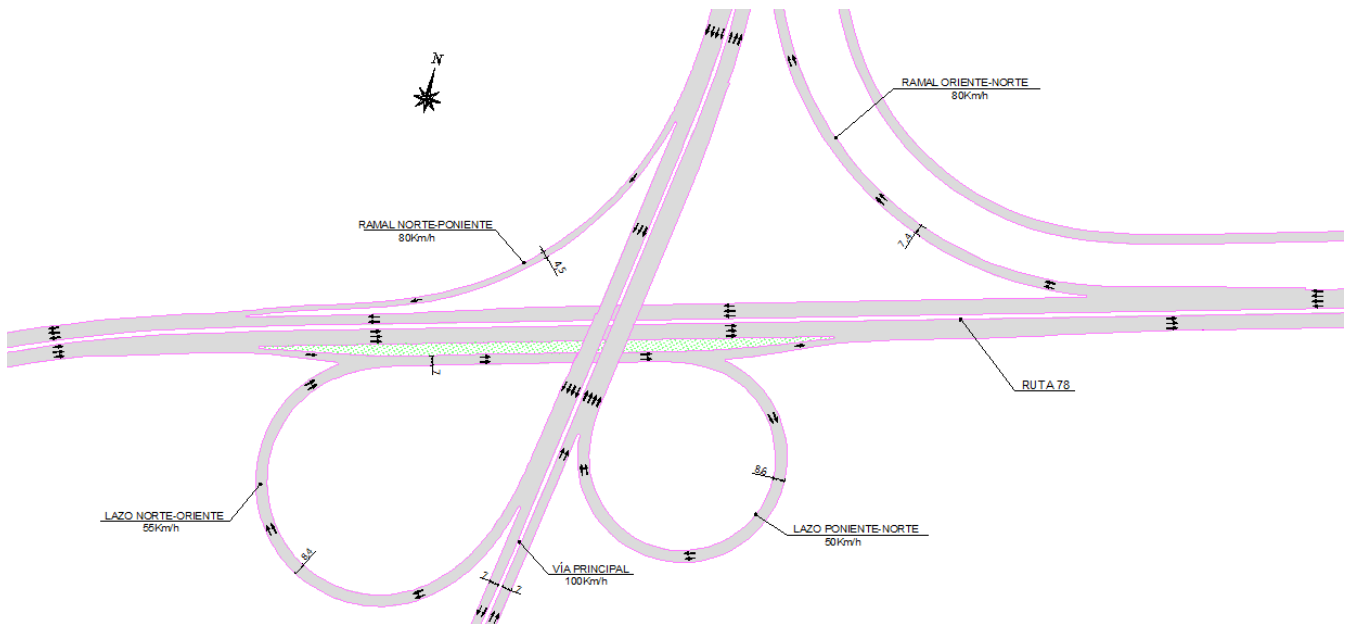


Ilustración 43: Enlace Vía Principal y Ruta 78

La tipología adoptada para esta intersección surge debido a que no se permite la detención de los vehículos para la realización de las maniobras de entrada ni de salida de cualquiera de las vías que el enlace vincula.

### **4.3. VELOCIDAD DE PROYECTO**

Cualquier operación de giro en un enlace supone inconvenientes o maniobras de mayor complejidad para el usuario:

1. Aquellos derivados de la necesidad de prever las maniobras de salida de una vía y entrada a la otra, que dependen tanto de una adecuada señalización como de un trazado conveniente.
2. El que el conductor tenga que reducir su velocidad por la existencia de ramales con características geométricas inferiores a la de la carretera por la que circulaba.
3. Ver alargado su trayecto por los desarrollos de dichos ramales.

El diseño ideal de un ramal, desde el punto de vista de la operación, será aquel que permita mantener la velocidad a los vehículos que se intercambian, en el caso de hacerlo entre dos carreteras de velocidades de proyecto iguales, y aumentarla o disminuirla de acuerdo a los valores de dichas velocidades de proyecto si ellas son distintas entre sí. Evidentemente, esto es rara vez posible, principalmente por las grandes extensiones que serían necesarias para desarrollar ramales con velocidades de proyecto altas, las que por otra parte podrían significar incrementos de recorridos que no justifiquen operacionalmente tales diseños. En atención a las mencionadas limitaciones, es práctica habitual permitir una velocidad de proyecto de ramales reducida con respecto a los valores ideales.

Por lo antes expuesto, la normativa empleada establece velocidades de proyecto mínimas en función del tipo de ramal y de las velocidades específicas de las vías que vinculan.

Al usuario que circula a baja velocidad no le significa molestia ni peligro entrar aún ramal de velocidad igual o inferior a la suya, estando dispuesto a incrementarla en el momento oportuno para ingresar a la vía más rápida. En cambio, al vehículo rápido que sale le resulta mucho más notorio el cambio de velocidad impuesto por un ramal de baja velocidad de proyecto, pudiéndose dar el caso de desacato a la señalización o de mal uso de las pistas de deceleración. Por tal razón se tiene en cuenta las velocidades a las cuales circula el vehículo que va a realizar la maniobra de giro desde la vía de origen hacia la vía de destino, evitando una disminución brusca de la velocidad a la salida, por los peligros que ello implica, luego de realizar ésta maniobra, a lo largo del desarrollo de la rama el conductor se adapta a las características geométricas impuestas.

Como ejemplo se toma una rama del enlace del eje principal de proyecto con R68: el lazo Poniente – Norte tiene su origen sobre la R68 con Vp 120 km/h, con destino en una pista segregada de Vp 80 km/h, para lo cual se tiene una velocidad de proyecto mínima de 50 km/h, como se muestra en la siguiente tabla. Se adopta para éste lazo una velocidad de proyecto de 55 km/h.

Tabla 10: Velocidad de proyecto mínima para ramales de enlaces. Fuente: MC-V3.

**TABLA 3.504.203(2).A**  
**VELOCIDADES DE PROYECTO MINIMAS EN RAMALES DE ENLACE**

Vp Carretera de Destino km/h	Directos Import. entre Autopistas			Directos				Semidirectos				Lazos				
	80	100	120	40	60	80	100	120	40	60	80	100	120	40-80	100-120	
→																
Vp Carretera de Origen km/h	→ 40	-	-	-	-	30	30	35	40	-	30	30	35	40	25	30
	→ 60	-	-	-	30	35	40	45	50	30	35	40	45	30	35	
	→ 80	60	65	70	45		50	55	60	40	45	50			35	
	→ 100	70		80	70						60			40		
	→ 120	80	90	100	80						70			50		

Una vez determinada la velocidad de proyecto de los ramales ( $V_{p,r}$ ), es posible fijar los parámetros mínimos tanto en planta como en alzado de los diferentes componentes del trazado, de igual manera que lo expuesto en el punto 3.3. del presente informe, y de esta forma proceder al diseño de los mismos.

En el Anexo N° 1 se muestran los parámetros de diseño derivados de la velocidad de proyecto de cada rama de los diferentes enlaces antes definidos.

#### 4.4. ANCHO DE CALZADA NECESARIO EN RAMALES DE GIRO

El ancho del pavimento y las bermas en calzadas de giro, están regulados por el volumen y composición del tránsito que se predice que va a circular, así como por el radio de la curva circular asociada al giro, dado que se debe desarrollar el sobreancho necesario y los espacios libres a los bordes de pavimento correspondiente y a otros vehículos según se permita o no la circulación cuando hay vehículos parados a los costados.

Se describen brevemente los aspectos que influyen en la determinación de los anchos necesarios para los ramales

- **Giro mínimo vehículos tipo:**

El espacio mínimo absoluto para ejecutar un giro de 180° en el sentido de los punteros del reloj, queda definido por la trayectoria que sigue el extremo delantero izquierdo del parachoques del vehículo (trayectoria exterior) y por la rueda trasera derecha

(trayectoria interior). Por lo que éste espacio depende de las características y dimensiones del vehículo que realiza el giro.

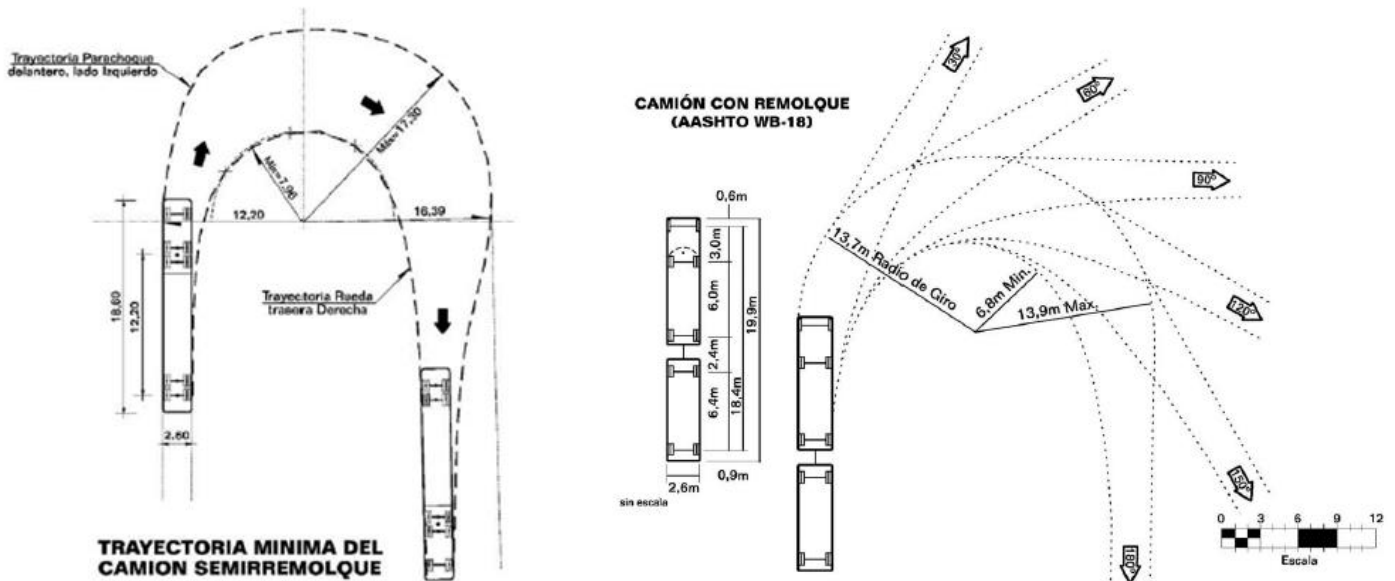


Ilustración 44: Ejemplos de radios mínimos de giro de distintos vehículos tipo. Fuente: MC-V3.

- **Sobranchos:**

En curvas de radio pequeño, según sea el tipo de vehículo que circulan habitualmente por la carretera, se deberá ensanchar la calzada con el objeto de asegurar espacios libres adecuados, denominados huelgas, entre vehículos y entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobrancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las huelgas teóricas adoptadas.

De acuerdo a los conceptos anteriormente descritos, se ha conseguido tipificar diferentes casos y tabular los anchos mínimos requeridos bajo cada combinación de factores tanto para el tipo de operación como la composición y volumen de tránsito que circula. Estos anchos incluyen los espacios adicionales necesarios para que las maniobras de giro puedan realizarse con seguridad.

Los *tipos de operación* que pueden acogerse en el ramal de giro dan origen a una primera clasificación:

- Caso I: una pista con tránsito en un solo sentido, en la que no se contempla la posibilidad de adelantar a un vehículo que se detenga. Ideal para ramales de giro de poca importancia, bajo volumen de tránsito y corta longitud.

- Caso II: una pista con tránsito en un solo sentido, diseñada de modo que sea posible adelantar a un vehículo detenido por emergencia a un costado de la pista.
- Caso III: dos pistas, ya sea para tránsito en uno o dos sentidos. Para las situaciones en que el volumen de tránsito es elevado o para el tránsito en doble sentido cuando así esté contemplado.

La segunda clasificación se basa según la *composición del tránsito* que utiliza la rama del enlace, identificándola por medio de los vehículos tipo y la proporción en que intervienen:

- Caso A: predominan los vehículos ligeros (L). Considera el paso eventual de camiones o buses (C).
- Caso B: la presencia de vehículos tipo C (camiones o buses) es superior al 5 %, pero no sobrepasa el 25 % del tránsito total. Eventualmente circulan vehículos articulados, en muy baja proporción.
- Caso C: los vehículos tipo C son más del 25 % tránsito total y/o los vehículos articulados circulan normalmente por el ramal considerado.

La normativa contempla variaciones que pueden introducirse a los anchos base según sea las características del terreno adyacente al pavimento, es decir, las bermas adoptadas para los mismos.

#### **4.4.1. Anchos de Bermas**

Las ramas, por ser de longitudes apreciable, es conveniente prever bermas que faciliten detenciones ocasionales o resguardo a los conductores que reducen sus velocidades por efecto de cualquier desorientación que les produzca la mayor complejidad del dispositivo que están usando. Por esta razón la norma consultada establece anchos mínimos de bermas izquierda y derecha para calzadas de una y dos pistas, según sea la velocidad de proyecto de las mismas, determinadas como se explicó en el ítem anterior.

En el caso del proyecto en cuestión se tomó como tránsito C para las ramas de los enlaces con la R68 y R78, y B para los enlaces del tramo central del eje principal del proyecto, se consideró de esta forma, ya que se presume que en los enlaces primeramente mencionados existe mayor volumen de tránsito pesado, ya que se tratan de rutas principalmente comerciales. Además se consideró la posibilidad de adelantamiento en todos los casos.

Siguiendo con el ejemplo del lazo Poniente-Norte del enlace R68, se muestra el dimensionamiento tanto de las bermas como de la calzada, siendo para todos los ramales del proyecto el SAP de un ancho de 0,50 m.

Parámetros de diseño a tener en cuenta para la determinación de los anchos de pavimento y bermas:

Velocidad de proyecto:  $V_p = 55 \text{ km/h}$

Radio adoptado:  $R_{\text{adop}} = 90 \text{ m}$

Cantidad de pistas: Caso III: 2 pistas unidireccionales

Característica del tránsito: Tipo C

Para la determinación de los anchos de las bermas en ramales de enlace se utiliza la siguiente tabla provista por la normativa empleada.

**Tabla 11: Ancho mínimo de bermas en ramales de enlace. Fuente: MC-V3.**

**TABLA 3.504.204.A  
BERMAS MINIMAS EN RAMALES DE ENLACE**

	ANCHO MINIMO (m) EN RAMALES DE 1 PISTA		ANCHO MINIMO (m) EN RAMALES DE 2 PISTAS		
	$V_p \leq 70 \text{ km/h}$	$V_p > 70 \text{ km/h}$	1 Sentido (Ramales entre Autopistas)	2 Sentidos	
				$V_p \leq 70 \text{ km/h}$	$V_p > 70 \text{ km/h}$
<b>DERECHA</b>	1,50 (1,20)	2,00 (1,20)	2,00 (1,20)	1,50 (1,20)	2,00 (1,20)
<b>IZQUIERDA</b>	0,60	1,00 (0,60)	1,00 (0,60)		

Ancho total bermas = 3 m

El ancho de calzada se obtiene a partir de la tabla a continuación, teniendo en cuenta las modificaciones que pueden hacerse a tal ancho por efecto de las bermas.

**Tabla 12: Ancho mínimo de pavimento en ramales de enlace según radio de los mismos. Fuente: MC-V3.**

TABLA 3.404.306(2).A  
ANCHOS DE PAVIMENTO Y BERMAS<sup>(1)</sup> EN RAMALES

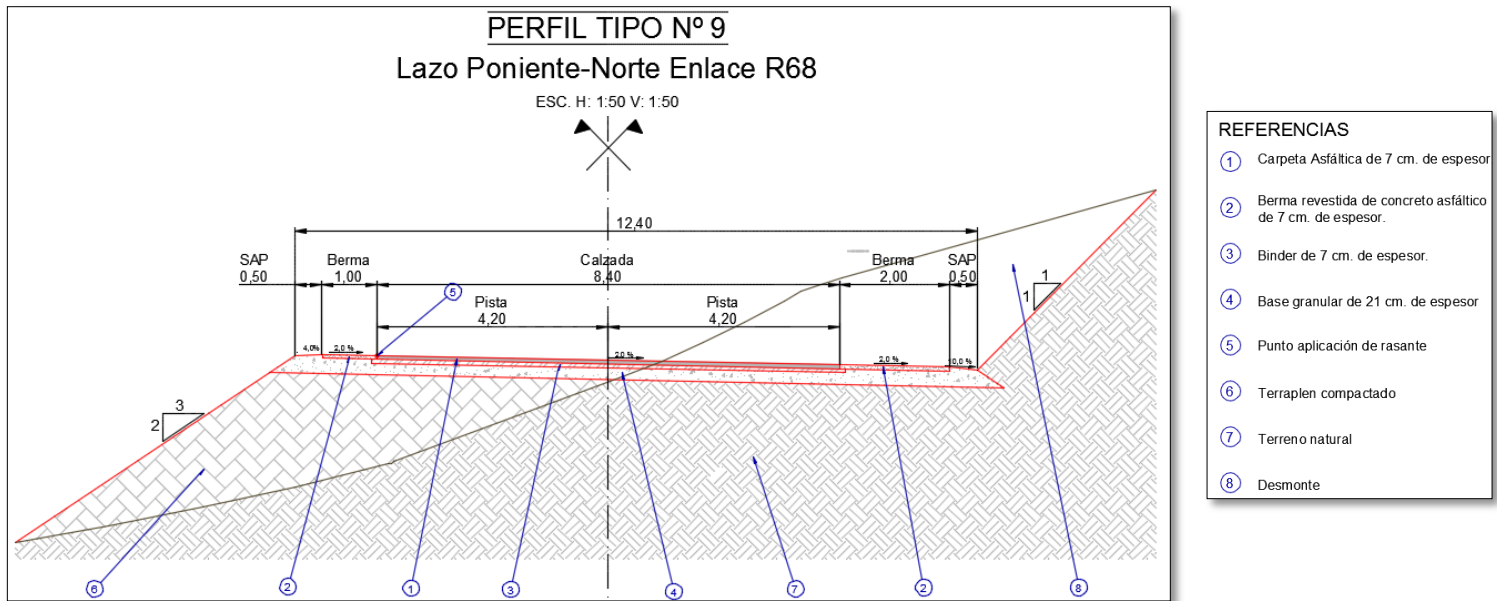
R (m) (Radio Interior)	Anchos de Pavimentos en Ramales, en m para:									
	Caso I			Caso II			Caso III			
	1 pista 1 sentido sin adelantar			1 pista 1 sentido con adelantar			2 pistas 1 ó 2 sentidos			
	Características del Tránsito									
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
15	5,40	5,40	7,00	7,00	7,50	8,70	9,30	10,50	12,60	
25	4,70	5,00	5,70	6,30	7,00	8,00	8,70	9,80	11,00	
30	4,50	4,80	5,40	6,00	6,60	7,50	8,40	9,30	10,50	
50	4,20	4,80	5,00	5,70	6,30	7,20	8,00	9,00	9,90	
75	4,00	4,70	4,80	5,60	6,20	6,80	8,00	8,60	9,20	
100	4,00	4,50	4,80	5,40	6,00	6,60	7,80	8,40	9,00	
125	4,00	4,50	4,80	5,40	6,00	6,60	7,80	8,40	8,70	
150	3,80	4,50	4,50	5,40	6,00	6,60	7,80	8,40	8,70	
>200	3,50	4,50	4,50	5,00	5,70	6,30	7,50	8,00	8,00	
Modificación de Anchos (m) por Efecto de Bermas <sup>(1)</sup> y Soleras										
Bermas sin revestir		Sin modificación			Sin modificación			Sin modificación		
Solera Montable		Sin modificación			Sin modificación			Sin modificación		
Solera elevada	Un lado	Añadir 0,30			Sin modificación			Añadir 0,30		
	Dos lados	Añadir 0,50			Añadir 0,30			Añadir 0,50		
Berma revestida a uno o ambos lados		En condiciones B y C ancho en recta puede reducirse a 3,50 m si ancho de berma es 1,20 m o más			Deducir ancho de las bermas. Ancho mínimo como Caso I			Deducir 0,60 donde la berma sea de 1,20 m como mínimo		

Ancho de pavimento = 9,00 m

Deducción de las bermas = 9,00 m – 0,60 m = 8,40 m

Se tiene un ancho de pavimento de 8,40 m.

Por lo tanto el perfil transversal típico de ésta rama se compone de la siguiente forma:



**Ilustración 45: Ejemplo Perfil tipo: Lazo Poniente-Norte Enlace R68**

Dado que el ancho de los ramales por lo general son de mayor dimensión que las pistas de la cual provienen, la transición tanto para aumentar el ancho al requerido como para disminuirlo al ancho de pista normal, se desarrolla a lo largo del arco de enlace de la curva circular con una variación lineal.

#### 4.5. PISTAS DE CAMBIO DE VELOCIDAD

Cuando un conductor va a hacer un giro en una intersección, debe modificar su velocidad. Si se propone pasar de una carretera a un ramal de giro, deberá disminuirla para adecuarla a las inferiores condiciones geométricas de este último, y si pretende acceder a una de las carreteras, proveniente de un ramal de giro, deberá aumentarla para hacerla compatible con las condiciones de flujo de aquella.

Para que estas operaciones, inherentes a toda intersección, se desarrollen con un mínimo de perturbaciones, se diseñan pistas de cambio de velocidad. Las pistas que auxilian la maniobra de salida de una calzada reciben el nombre de *Pistas de Deceleración*, y son paralelas o casi a la de origen. Las pistas que auxilian la maniobra de entrada a una calzada reciben el nombre de *Pistas de Aceleración*, y son siempre paralelas a la de destino. Ambas permiten acomodar la velocidad según las conveniencias expuestas.

A pesar de estas características en común, es necesario abordar el tratamiento de unas y otras con enfoques teóricos distintos, puesto que la conducta del usuario, que es más o menos previsible para el caso de una pista de deceleración, lo es menos para una de aceleración, al requerir esta última una maniobra más compleja y peligrosa, y al estar dicha maniobra condicionada por las características del tránsito en la carretera de destino.



Las pistas de cambio de velocidad podrían agruparse en dos tipos: “en paralelo”, cuando dicha pista discurre junto a la calzada de la carretera, como si fuese una pista más de ella, hasta el momento de su separación o confluencia con la misma y “directa” cuando la pista incide o se desprende desde el borde de la carretera de manera tal que dicho borde forma un ángulo con el borde adyacente del ramal. En el presente proyecto, se diseñaron todas las pistas de cambio de velocidad, de las diferentes ramas de enlace, en paralelo a las vías que vinculan.

#### **4.5.1. Pistas de Aceleración**

En este caso, se requiere una maniobra de incorporación a la vía de destino en forma segura y en condiciones similares al flujo circulante de ésta vía.

La disposición de la pista de aceleración en forma paralela a la vía de destino es beneficiosa ya que el usuario, en esa posición, puede discernir a través del retrovisor, las condiciones de circulación existentes en la carretera principal.

La longitud total de las pistas de aceleración ( $L_T$ ) se compone de la suma de las longitudes de las zonas de aceleración ( $L_A$ ) y de transición o cuña ( $L_C$ ).  $L_T$  se mide desde el punto de tangencia del borde izquierdo del ramal (en el sentido de avance de los vehículos) con el borde adyacente de la calzada principal.

Los valores de  $L_T$  y  $L_C$  dependen de las velocidades de proyecto de los ramales y de la carretera de destino, ya que a mayor velocidad se requiere mayores distancias para lograr la aceleración del vehículo a la velocidad deseada y además la distancia necesaria para realizar la maniobra de ingreso al flujo circulante por la vía de destino en forma segura, es decir, ésta pista debe brindar la posibilidad de encontrar el hueco en el tránsito pasante para ingresar al mismo sin inconvenientes. Los valores de  $L_C$  son fijos para velocidades iguales o inferiores a 80 Km (50 m) y para velocidades superiores a ésta (75 m).

Los valores establecidos por la norma vigente de  $L_T$  y  $L_A$ , son válidos para inclinaciones longitudinales comprendidas entre + 3% y -3%, debiendo corregirse si éstas exceden dichos valores límites, ya que las pendientes benefician o no a realizar la maniobra de aceleración, es decir, que en pendientes en bajada (-) la aceleración del vehículo se alcanza en menores longitudes, caso contrario ocurre con pendientes en subida (+). Por lo tanto, se debe afectar a la longitud total de la pista de aceleración con los factores que relacionan la longitud en pendiente ( $\pm$ ) con la longitud en horizontal. La longitud adicional o la que haya que deducir, afectan sólo a la dimensión  $L_A$ , permaneciendo  $L_C$  fijo

El ancho final de la cuña es de 1 m, con el fin de hacer utilizable la zona de cuña en una extensión mayor. La transición de borde de la cuña, desde 1 m hasta el ancho

correspondiente de una pista normal, es decir, de 3,50 m, se hace mediante una curva de transición de tipo cuadrática de doble curvatura.

Como ejemplo se cita el caso correspondiente al Lazo Sur-Poniente del Enlace con la R68. El mismo se origina en una pista segregada con una velocidad de proyecto de 100 km/h. Para la salida del mismo hacia la Ruta 68 se debe aumentar la velocidad en una longitud suficiente determinada mediante la tabla aportada por la normativa empleada que se encuentra a continuación, dada en función de la velocidad de proyecto de la vía principal y del lazo en cuestión. Dicha longitud está compuesta por la suma de la longitud de la cuña de transición, obtenida a partir de la misma tabla, y la longitud de aceleración, resultante de la resta entre la longitud total y la longitud de la cuña de transición.

Velocidades de proyecto:

Ruta 68 ( $V_C$ ):  $V_p = 120$  km/h

Lazo Sur - Poniente ( $V_r$ ):  $V_p = 50$  km/h

**Tabla 13: Longitudes de cuña de transición y de aceleración de pista de aceleración. Fuente: MC-V3.**

**TABLA 3.404.307(2).A  
LONGITUDES  $L_T$  Y  $L_C$  DE PISTAS DE ACELERACION:  $L_T = L_A + L_C$  ( $i = 0$ )**

$V_C$ (km/h)	$L_C$ (m)	$L_T$ (m)							
		$V_r = 0$ (km/h)	$V_r = 30$ (km/h)	$V_r = 40$ (km/h)	$V_r = 50$ (km/h)	$V_r = 60$ (km/h)	$V_r = 70$ (km/h)	$V_r = 80$ (km/h)	$V_r = 90$ (km/h)
60	50	100	75	50					
70	50	150	120	100					
80	50	240	200	180	140	100			
90	75	300	275	250	220	170	140		
100	75	300	300	300	275	250	225	200	
110	75	300	300	300	300	300	250	250	250
120	75	300	300	300	300	300	300	300	300

$$L_T = 300 \text{ m.}$$

Con  $L_T = L_A + L_C$ , por lo tanto:

$$L_C = 75 \text{ m.}$$

$$L_A = 225 \text{ m.}$$

Por otro lado para tener en cuenta la colaboración o no de la pendiente longitudinal a la maniobra que se quiere realizar, se debe corregir las longitudes de las pistas de cambio de velocidad en función de la pendiente longitudinal del tramo, la cual es de  $i = -0,30\%$ , valor mucho menor que  $\pm 3\%$ , por ende es válida la longitud obtenida anteriormente.

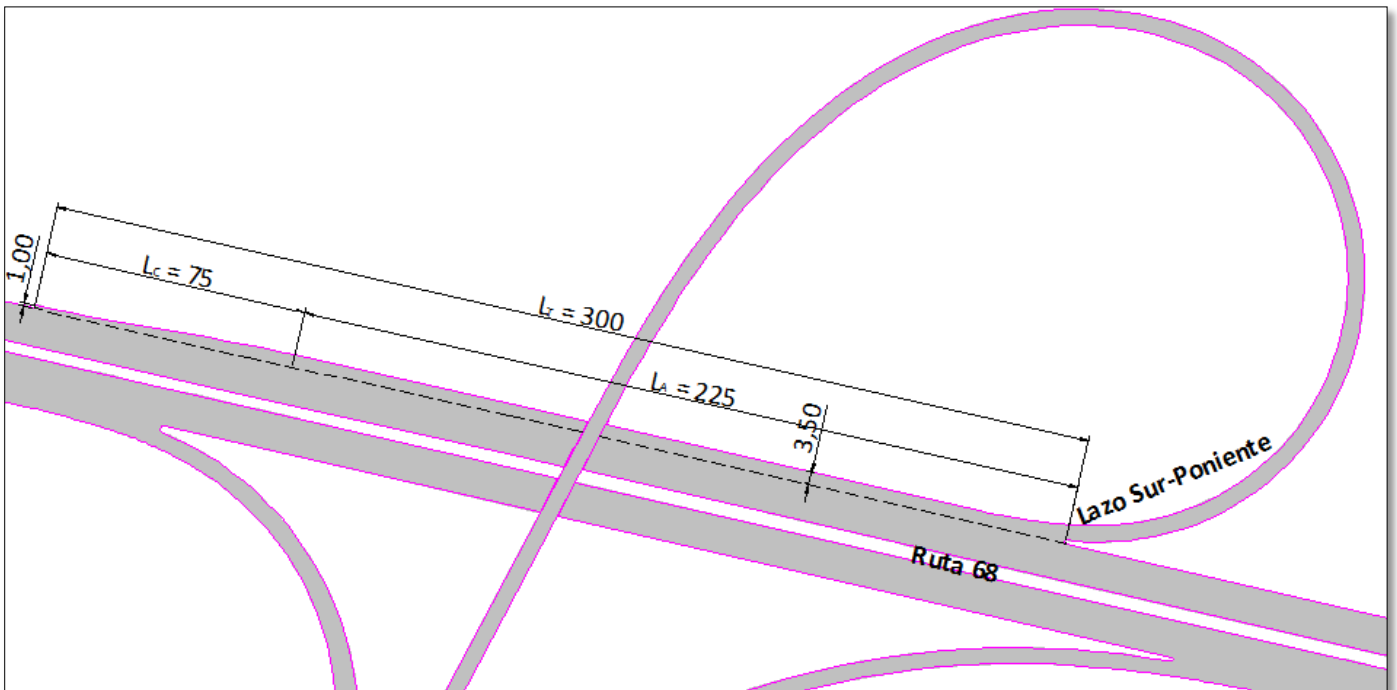


Ilustración 46: Ejemplo Pista de Aceleración: Lazo Sur-Poniente Enlace R68

#### 4.5.2. Pistas de Deceleración

Las pistas de deceleración proyectadas corresponden a la tipología en paralelo, dado por las limitaciones de espacio que condicionan el diseño. En este caso el ángulo  $\theta$  formado por la divergencia del ramal respecto a la vía principal de la cual se quiere realizar la maniobra de salida es  $\theta \cong 0$ , o sea, el ramal debe empalmar tangencialmente con el borde de la calzada.

La longitud total de una pista de deceleración ( $L_T$ ) es igual a la suma de dos longitudes: la de la cuña o zona de transición ( $L_C$ ) y la requerida para disminuir la velocidad a la deseada ( $L_D$ ).

La cuña de transición se inicia con un ancho de 1 m, con el fin de compensar el efecto de la maniobra de curva-contracurva que por lo general hace desaprovechar la zona de cuña, y para hacer más visible dicho inicio. El borde derecho de la misma se define mediante una transición de tipo cuadrática de doble curvatura. La longitud que se desarrolla en paralelo a la carretera, será la necesaria para conseguir una longitud de desaceleración  $L_D$  antes del inicio de la curva limitante del ramal, es decir que si no existe curva de acuerdo, la totalidad de la pista de deceleración transcurrirá en paralelo, caso contrario parte de  $L_D$  será la longitud de la clotoide.

La longitud de deceleración  $L_D$  se determina con el supuesto de que al final de la zona de cuña, el vehículo que usa este dispositivo de cambio de velocidad ha disminuido su velocidad hasta una fracción de  $V_C$  (velocidad de la carretera principal), igual a  $FV$ , en

función de la misma  $V_C$ . Los valores de FV disminuyen a medida que aumenta la velocidad en la carretera, es decir, que en la curva de transición se logra reducir la velocidad en mayor proporción cuando la velocidad de entrada a la misma es mayor; se debe en parte a que  $L_C$  es mayor y en parte porque cualquier maniobra de deceleración, sea ésta hecha aún dentro de la calzada principal o una vez dentro de la curva, produce efectos mayores en la medida que dicha velocidad inicial aumenta.

Dicho esto, la normativa establece que  $L_D$  se calcula a partir de la expresión:

$$L_D = \frac{(F_V V_C)^2 - V_r^2}{26(d - i/10)}$$

Donde:

$F_V$ : coeficiente de reducción de la velocidad de proyecto de la vía principal a lo largo de la curva.

$V_C$  y  $V_r$ : son las velocidades de proyecto (km/h) de carretera y ramal, respectivamente

$d$ : es el valor de la deceleración media (se supone  $2 \text{ m/s}^2$ )

$i$ : es la inclinación de la pista en % (positiva en subida y negativa en bajada), con la cual se tiene en cuenta el efecto de la pendiente respecto a la maniobra que se está realizando, siendo éste positivo con pendientes en subida, ya que ayuda a la desaceleración del vehículo por lo que se requiere menos longitud para disminuir la velocidad, y negativo en pendientes en bajada, ya que tiende a acelerar el vehículo, efecto opuesto al que se está buscando, logrando como consecuencia requerir mayor longitud para obtener la desaceleración necesaria para ingresar al ramal.

En la normativa empleada los valores de  $L_D$ , correspondientes a la expresión anterior, aparecen graficados para las distintas combinaciones de las variables que intervienen en la misma.

A modo de ejemplo se expone la forma de determinación de la longitud total de la pista de desaceleración correspondiente al lazo Poniente-Norte del Enlace R68. Para lograr acceder al lazo que dirige hacia el Área de Servicio y la vía principal Costanera desde la Ruta 68, debe disminuirse la velocidad en una longitud dada por la suma de la longitud de la curva de transición obtenida a partir de la tabla que se presenta a continuación, extraída del manual consultado, la cual está en función de la velocidad de proyecto de la vía principal, y la longitud de desaceleración que se determina mediante el gráfico correspondiente siguiente dado en función de las velocidades de proyecto del lazo y de la vía principal de donde se proviene y además de la pendiente longitudinal de la pista, que puede colaborar o no con la maniobra que se quiere realizar como se mencionó anteriormente.

Velocidades de proyecto:

Ruta 68 ( $V_C$ ):  $V_p = 120\text{km/h}$

Lazo Poniente - Norte ( $V_r$ ):  $V_p = 55\text{ km/h}$

Tabla 14: Longitudes de cuña de transición de pista de desaceleración. Fuente: MC-V3.

**TABLA 3.404.307(3).B**  
 **$L_C$  según  $V_C$**

$V_C$ (km/h)	50	60	70	80	90	100	110	120
$L_C$	50	55	60	70	80	85	90	100

$L_C = 100\text{ m.}$

Pendiente media del tramo:  $i = 0,7\%$

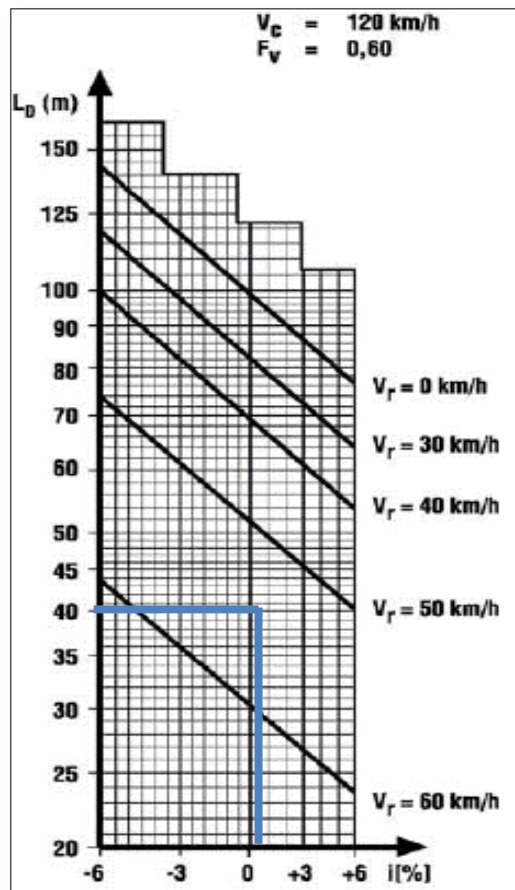


Ilustración 47: Longitud de desaceleración de pistas de desaceleración. Fuente: MC-V3.

La corrección por pendiente se determina gráficamente.

$$L_D = 40 \text{ m.}$$

Por lo tanto:  $L_T = 100 \text{ m} + 40 \text{ m} = 140 \text{ m.}$

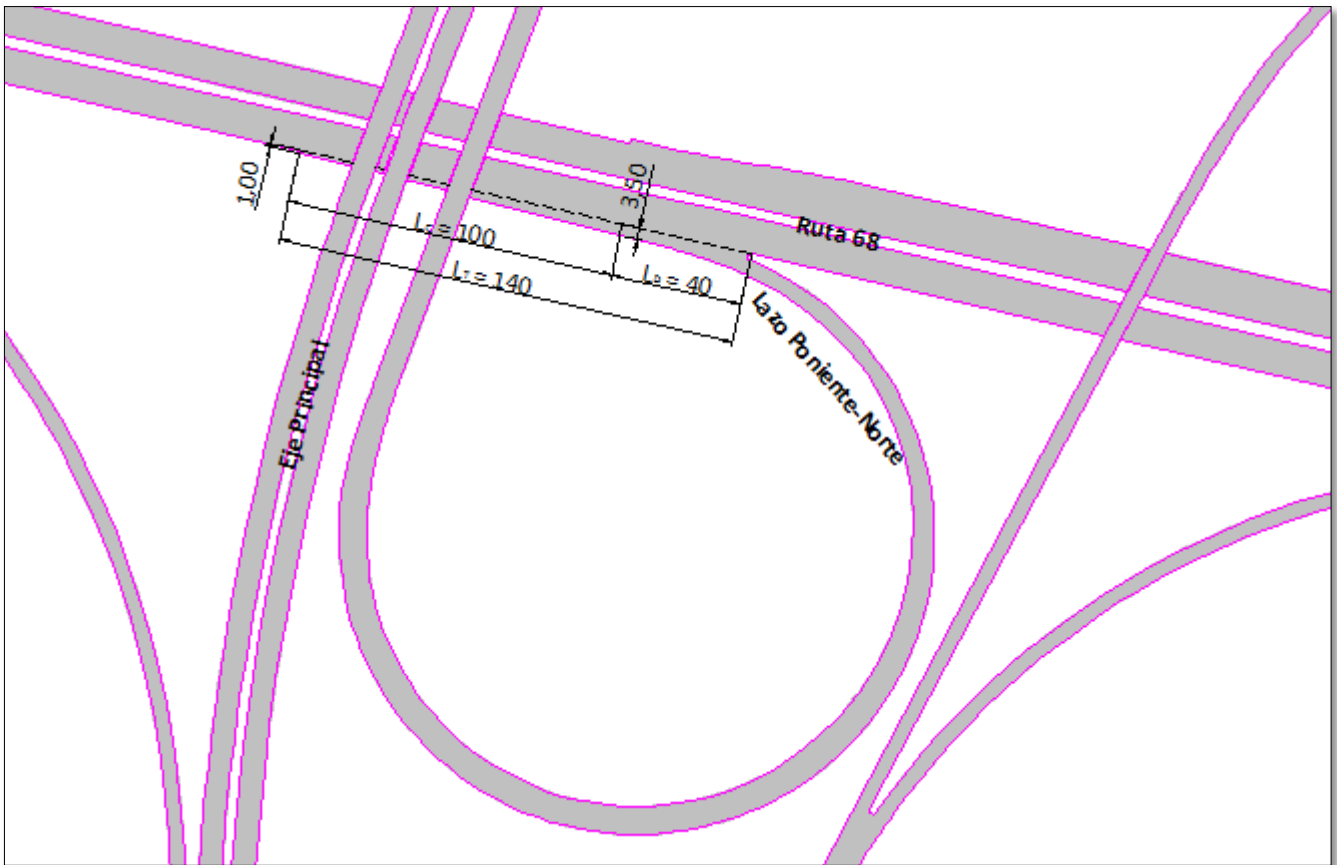


Ilustración 48: Ejemplo Pista de Desaceleración: Lazo Poniente-Norte Enlace R68

#### 4.6. NARICES: TERMINALES DE LOS RAMALES DE GIRO

Se llama terminal de un ramal de giro a la zona donde éste empalma con la calzada de la vía principal. Se puede considerar dos tipos de terminales:

- Terminales de salida: zona donde un ramal de giro se separa de la calzada por la que circulan los vehículos que han de ingresar al ramal.
- Terminales de entrada: zona donde un ramal de giro se junta con la calzada de la vía principal a la que se dirigen los vehículos provenientes del ramal.

En ambos casos debe diseñarse la nariz de la isla de canalización, que para el caso de terminales de salida se denomina nariz divergente y para el caso de terminales de entrada se denomina nariz convergente.

##### 4.6.1. Terminales de Salida

La salida desde una carretera, que puede ser auxiliada por una pista de cambio de velocidad, debe tener la nariz divergente retranqueada del borde del pavimento de la

vía principal, para evitar que sea golpeada por el tránsito que se aproxima. La nariz debe redondearse con un radio de 0,6 a 0,9 m. El retranqueo varía entre 0,6 y 3,6 m.

En el caso del presente proyecto se adoptó un radio de la nariz de salida igual a 0,9 m. y un retranqueo igual al ancho de la berma derecha de la vía principal. A continuación se presenta la terminal de salida correspondiente al lazo Poniente-Norte del Enlace R68.

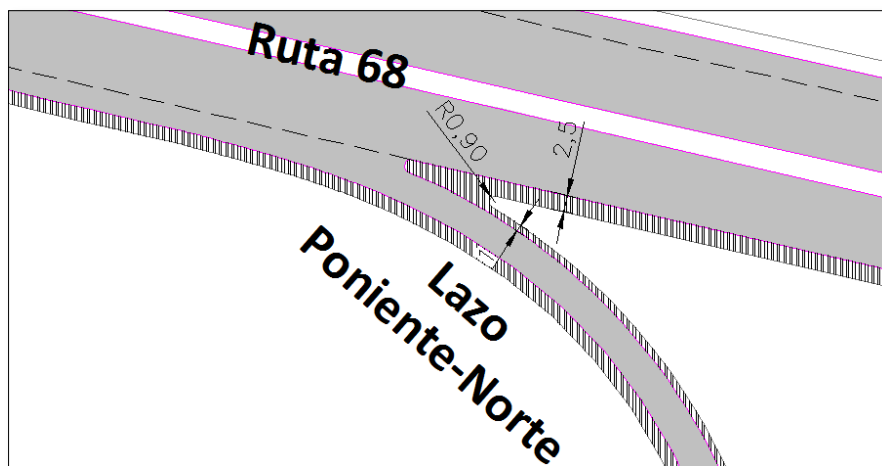


Ilustración 49: Ejemplo nariz en terminal de salida: Lazo Poniente-Norte Enlace R68

#### 4.6.2. Terminales de Entrada

En terminales de entrada la nariz convergente debe ser lo más pequeña posible. La nariz debe redondearse en un radio de 0,30 a 0,45 m, adoptando el mayor de los precedentes valores.

Cuando el tránsito converge hacia la carretera principal a alta velocidad y siempre que sea posible, es deseable realizar ajustes de alineación y/o de ancho en el terminal de entrada. En la mayoría de los casos el ancho de pavimento del ramal es mayor que el ancho de la pista de aceleración, por lo que el ancho del ramal preferiblemente debe estrecharse en la nariz al ancho correspondiente a una pista normal de 3,50 m. para evitar que los vehículos entren abiertamente a la carretera, obligándolos así a hacer uso de una sola pista después de la nariz. El estrechamiento de ancho del pavimento debe comenzarse gradualmente con anterioridad a la nariz convergente en una longitud tal que permita a los conductores acomodar lateralmente su rumbo a medida que se acercan al punto más angosto. Se establecen longitudes mínimas en que debe realizarse el estrechamiento del pavimento en terminales de entrada, en función de la velocidad de operación y de la reducción que se debe aplicar al ancho del pavimento. Ésta transición de anchos, en todos las terminales de entrada del presente proyecto se desarrolla a lo largo de la curva de acuerdo.

Por ejemplo en la terminal de entrada del lazo Sur-Poniente del Enlace R68, se tiene que para lograr incorporarse a la vía principal, antes del desarrollo de la pista de

aceleración, se debe realizar una transición progresiva del ancho de calzada del lazo al ancho correspondiente al carril de la pista de cambio de velocidad, el cual es de 3,50 m, por ende se debe disminuir el ancho de la calzada en **1,30 m**, ya que éste tiene un ancho de 4,80 m. La longitud mínima se obtiene de la siguiente tabla extraída del manual empleado:

Tabla 15: Longitudes necesarias para la reducción del ancho de pavimento. Fuente: MC-V3.

TABLA 3.404.405(3).A  
LONGITUDES PARA REDUCCION DE ANCHO DE PAVIMENTO EN NARICES CONVERGENTES

Condición	Reducción (m) del ancho de pavimento en:				
	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60
	Requiere una longitud (m) de:				
Minima	120	180	240	300	360
Deseable	180	270	360	450	540

Longitud mínima de transición de ancho  $\approx 100 * \text{Reducción}$ , por ende:

$$L_{\min} \cong 100 * 1,30 \text{ m} = 130 \text{ m}$$

Esta longitud se desarrolla dentro de la clotoide de salida del lazo en cuestión.

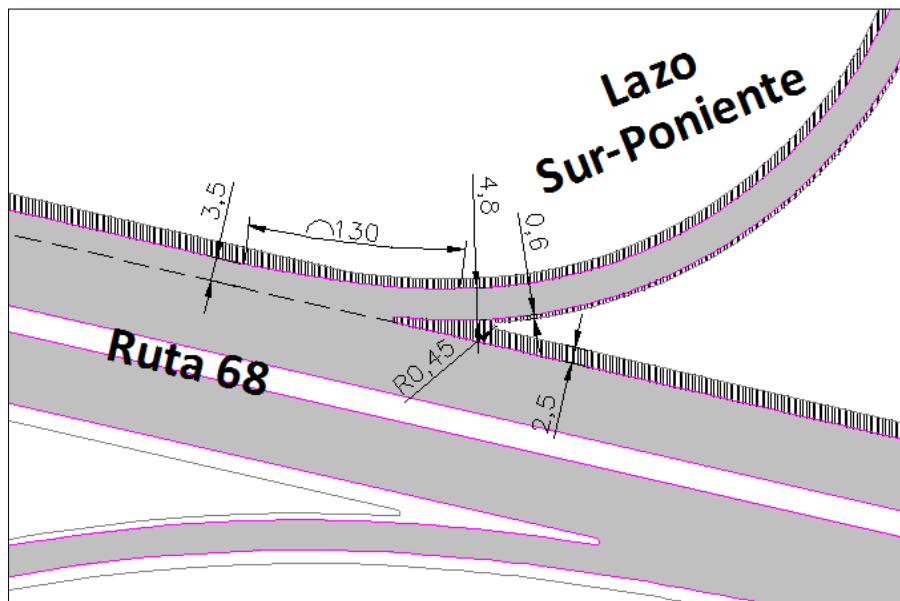


Ilustración 50: Ejemplo nariz en terminal de entrada: Lazo Sur-Poniente Enlace R68



**CAPÍTULO Nº 5:**  
**VIALIDAD**  
**URBANA**



**UNC**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

**Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales**

La ejecución del proyecto representará, en un futuro, una barrera antrópica tanto social, como paisajística, ya que separa la trama urbana planificada en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago de la costanera Oriente del Río Mapocho. Es por ello que se debe proyectar las vías destinadas a vincular ambos lados de dicha barrera, minimizando lo máximo posible el impacto social que esta obra genera.

El diseño de estas vías tiene un tratamiento similar al del eje principal del proyecto, con la salvedad de que los elementos que conforman el trazado tienen geometría más ajustadas ya que su funcionalidad radica en dar accesibilidad a los distintos puntos de la trama urbana, por lo tanto las interferencias en el flujo son mayores, dando como resultado velocidades de proyecto de medias a bajas. En el Anexo N° 1 se presentan los parámetros de diseño resultante de la aplicación del Manual de Vialidad Urbana REDEVU de Chile.

## **5.1. VIALIDADES ADOPTADAS**

Se incorporaron al proyecto diferentes tipologías de calles locales, según la categoría y la función que cumplen las mismas dentro de la trama urbana, algunas de ellas contempladas en el nombrado PRSM.

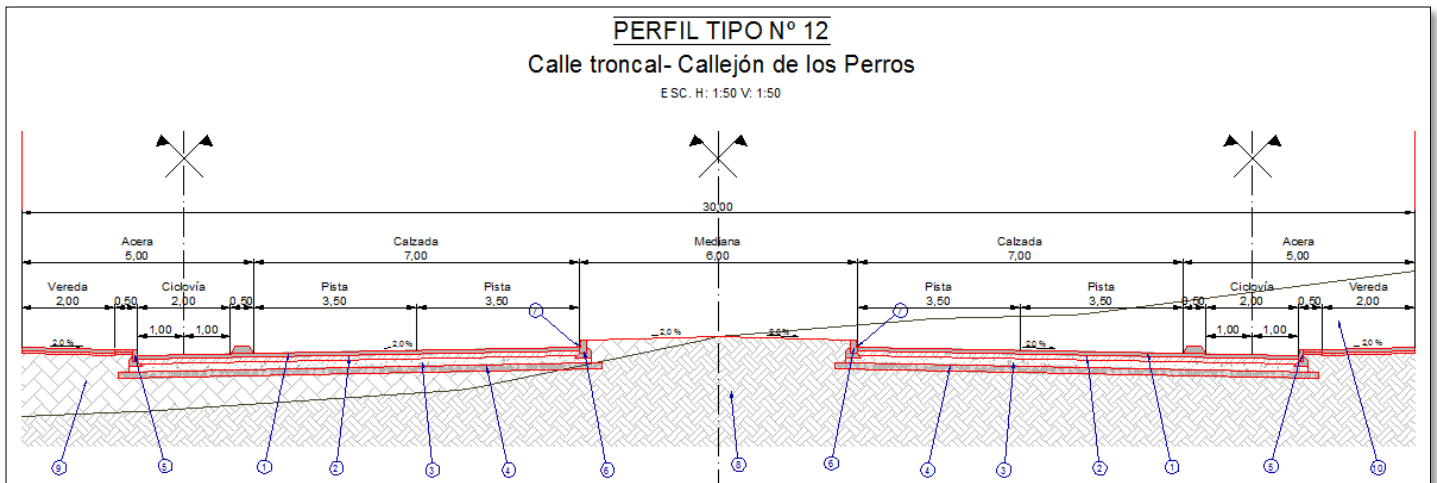
Se presentan a continuación las tipologías de vialidades urbanas proyectadas por orden de jerarquía, cuyos perfiles tipos se encuentran plasmados en el Anexo N° 2:

### **5.1.1. Vías troncales:**

La función principal que presentan estas vías radica en establecer una conexión entre diferentes zonas urbanas, es decir, entre distintas comuna perteneciente al conurbado del Gran Santiago. Éstas exhiben una gran capacidad de desplazamiento del flujo vehicular para cada sentido a través de largos recorridos. Poseen velocidades de proyecto medias, adoptadas en el proyecto entre 40 y 60 km/h. Las aceras debe tener como mínimo un ancho de 3 m. y puede existir ciclovías, las cuales en el proyecto presentado, se encuentran en ambas calzadas de la vía bidireccional o sólo en un sentido dependiendo el caso, conformadas mediante la continuación del paquete estructural correspondiente a dichas calzadas.

Los enlaces del tramo central del proyecto, vinculan algunas de estas vías de gran jerarquía dentro de la trama urbana.

Como ejemplo se muestra el perfil tipo correspondiente a la calle troncal denominada Callejón de los Perros:



**REFERENCIAS**

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| ① Carpeta Asfáltica de 9 cm. de espesor.                         | ⑦ Punto aplicación de rasante |
| ② Binder de 10 cm. de espesor.                                   | ⑧ Terreno natural             |
| ③ Base granular de 15 cm. de espesor                             | ⑨ Terraplen compactado        |
| ④ Sub-base granular de 15 cm. de espesor                         | ⑩ Desmote                     |
| ⑤ Solera Tipo "C" según detalle lámina tipo 4.106.401 del MC-V4. |                               |
| ⑥ Solera Tipo "A" según detalle lámina tipo 4.106.401 del MC-V4. |                               |

**Ilustración 51: Perfil Tipo - Calle Troncal Callejón de los Perros**

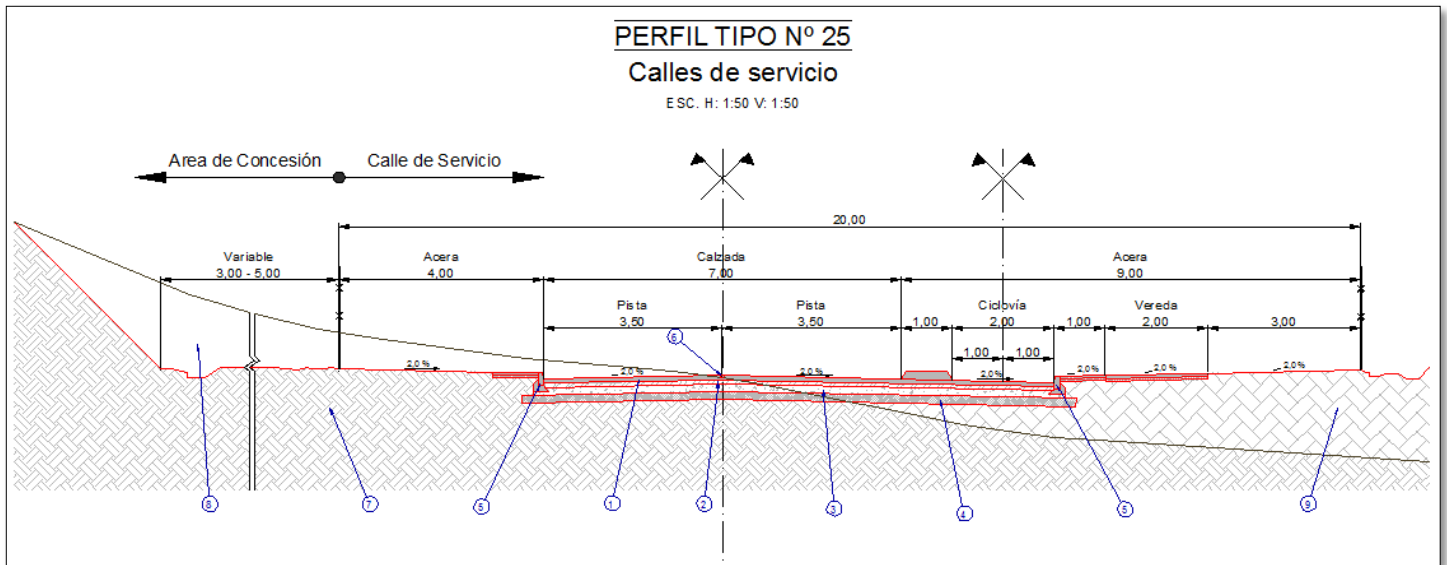
### 5.1.2. Vías colectoras:

Estas vías sirven de vinculación de las vías troncales, su función principal es recolectar el tránsito perteneciente a calles locales y ser un "puente" de acceso del tránsito local a aquellas vías de mayor jerarquía. Sus calzadas atienden desplazamientos de media distancia con una capacidad media a alta de circulación de flujos vehiculares en ambos sentidos. La velocidad de diseño de dichas vías ronda los 40 y 50 km/h.

### 5.1.3. Vías de servicio:

Vía cuyo rol es permitir la accesibilidad a los servicios y comercios emplazados en los márgenes de centros o sub-centros urbanos, es decir, que en el proyecto se han incorporado vías en los márgenes del eje principal del proyecto, bordeando los taludes correspondientes a la vía expresa mencionada. Presenta una capacidad media de circulación de los vehículos con una velocidad de diseño entre 30 y 40 km/h. Sus pistas correspondientes a cada sentido de circulación no están separadas por ninguna mediana. También fueron incorporadas en el proyecto ciclovías en un lado de la calzada por requerimientos del comitente, las cuales son materializadas mediante la continuación del paquete estructura correspondiente a las calzadas proyectadas.

Se presenta a continuación el perfil tipo adoptado para el proyecto:



#### REFERENCIAS

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| ① Carpeta Asfáltica de 8 cm. de espesor.                         | ⑥ Punto aplicación de rasante |
| ② Binder de 8 cm. de espesor.                                    | ⑦ Terreno natural             |
| ③ Base granular de 15 cm. de espesor                             | ⑧ Desmote                     |
| ④ Sub-base granular de 15 cm. de espesor                         | ⑨ Terraplen compactado        |
| ⑤ Solera Tipo "C" según detalle lámina tipo 4.106.401 del MC-V4. |                               |

Ilustración 52: Perfil Tipo - Calle de Servicio

En el proyecto presentado, por requerimientos del mandante, se han incorporado vías en el presente capítulo definidas como vías de servicio en el punto 5.1.3., pero que no sólo cumple con la función propia de estas vías sino que además funcionan como vías colectoras, definidas anteriormente en el punto 5.1.2., es decir que las vías de servicio proyectadas tienen una doble funcionalidad.

# CONCLUSIONES



UNC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales

Como resultado del proceso de realización del presente trabajo respecto al desarrollo de la materia correspondiente a la currícula de la carrera de Ingeniería Civil denominada “Práctica Supervisada”, se pudo arribar a dos tipos de conclusiones diferenciando aquellas que surgen del proyecto planteado, es decir de índole técnico, y aquellas de carácter personal resultado del desarrollo de las actividades.

### **Aspectos técnicos**

Como puede apreciarse, la Ciudad de Santiago de Chile presenta un proceso de desarrollo en forma radial, donde a través de la autopista urbana costanera norte y su continuación mediante el proyecto tratado en el presente informe se está constituyendo como un segundo anillo de circunvalación, aproximadamente concéntrica y exterior, al actual anillo denominado Av. Vespucio.

La primera gran conclusión a la cual se puede arribar respecto al trabajo desarrollado es aquella derivada de la tarea principal del equipo técnico, la cual se basó en la conjugación y unificación de los distintos tramos de la vía principal del proyecto desarrollados por diferentes proyectistas, en distintos momentos y quizás también con diferentes criterios y normativas empleadas; esto no implicó un cambio sustancial en la definición de los ejes de los diferentes elementos que forman el proyecto en su totalidad, sino que se ajustó la traza de los mismo para la cumplimentación de la normativa vigente. Las grandes modificaciones se debieron a un mejoramiento técnico de las diferentes partes del proyecto adicionando pistas segregadas y pistas colectoras-directoras que permiten realizar maniobras de entrecruzamiento en salidas y entradas sucesivas en vías principales, evitando de esta forma congestión en estos tramos y logrando consecuentemente una operación más eficiente de las diferentes trayectorias que pueden seguir los conductores.

Desde el punto de vista técnico y profesional, la tarea de un ingeniero, como fue inculcada en los primeros años de cursado de la carrera, es buscar la mejor solución a un problema para la satisfacción de las necesidades, sin dejar de lado el aspecto económico, social y ambiental. Cabe aclarar que las implicaciones normativas son una guía práctica para el diseño, quedando a criterio del profesional el diseño definitivo del proyecto, siempre y cuando se cumplimente con los condicionantes que éstos implican, además de aquellos que surgen del entorno y requerimientos del comitente, los cuales muchas veces no son la solución más recomendable técnicamente. Por lo tanto, se destaca la gran importancia que representa cumplir, sin dejar de tener presente el criterio profesional, lo establecido en la normativa correspondiente, ya que en ella se plasman todas aquellas recomendaciones para un buen diseño, las cuales derivan de muchos estudios y experiencias, dando resultados tanto teóricos como empíricos.

Dado la envergadura de la vía proyectada se ha requerido de la incorporación de enlaces para su comunicación con otras vías que la interceptan, por lo tanto la implementación de esta tipología de elementos es fundamental para la cumplimentación de la funcionalidad asignada a la vía proyectada, ya que mediante ellos se permite un flujo continuo e ininterrumpido logrando solucionar el conflicto de intersecciones de dos vías y su correspondiente conexión para poder llevar a cabo los movimientos de giros a través de los ramales y lazos proyectados.

En el caso planteado las vías definidas en el Capítulo N° 6 adquieren un papel fundamental, ya que el proyecto, al estar inmerso en un área plenamente urbana, representará en un futuro una barrera antrópica para los habitantes de esta gran conurbación como lo es el Gran Santiago, por ende dichas vialidades urbanas son incorporadas con el fin de otorgar a la población facilidades en cuanto a la comunicación tanto de un lado como del otro de la vía proyectada y permitir el acceso a aquellos puntos de vinculación con la vía principal, es decir, a los enlaces proyectados.

Puede notarse la importancia que se les asigna, en el país donde se desarrolla el proyecto, al tránsito correspondiente a bicicletas, es decir, se le brinda un lugar exclusivo para la circulación de ciclistas mediante la incorporación de ciclovías en el diseño de las vías locales.

### **Desarrollo de las actividades**

Estas conclusiones se refieren principalmente a lo personal dado que el ejercicio de las tareas asignadas en la empresa “Vanoli y Asociados” permitió desarrollar una experiencia de trabajo en equipo y la interacción permanente con un grupo de profesionales dentro del seno de un estudio de ingeniería. Como así también se puede dar cuenta de las responsabilidades que uno asume siendo profesional y el entendimiento de que un error puede producir consecuencias tanto social, económicas como así también al medio ambiente que nos rodea. Por otra parte se puede destacar la interacción permanente con el comitente quien especifica los requerimientos del proyecto, por ende se debe generar un diseño que cumpla estos requerimientos adaptándose de la mejor manera al entorno y cumplimentando los condicionantes técnicos que por normativa se establecen, sin dejar de lado el aspecto económico, es decir, se debe encontrar la mejor solución al problema, tanto técnica como económica, para la satisfacción de las necesidades de la sociedad.

La experiencia laboral permitió afianzar y aplicar muchos de los conceptos adquiridos en las distintas materias cursadas a lo largo de la carrera, en un ámbito en el cual la alumna pudo relacionarse con profesionales de la Ingeniería Civil más experimentados, quienes le brindaron una visión integral de las organizaciones laborales profesionales de este tipo.

Personalmente, se puede decir que se han logrado cumplir los objetivos planteados al principio del desarrollo del presente informe. De esta manera se pudo realizar una transición gradual de la etapa de estudiante a la de profesional.

También se aplicaron los conocimientos en el empleo de software de dibujo asistido. Aunque se puede destacar como aspecto negativo la falta de conocimiento y práctica del software implementado para el diseño vial, es decir aquel utilizado para la modelación en tres dimensiones. Más allá de ello puede mencionarse la gran ventaja que implica la utilización de dichos programas, cuyas facilidades permite importantes ahorros de tiempo

Se puede recalcar la gran ventaja de llevar a cabo esta asignatura práctica, la que brinda una experiencia práctica a los alumnos antes de su egreso, tanto en relación al trabajo en equipo de profesionales, como al cumplimiento de fechas límites, trato con reparticiones públicas, entre otros.



# BIBLIOGRAFÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

**Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales**

**Libros de consulta:**

- Berardo María G., Baruzzi Alejandro, Vanoli Gustavo, Freire Rodolfo, Tartabini Mauro, (2009), Principios de Diseño Geométrico Vial – Tomo I y II, 2da Edición.

**Normativas:**

- Manual de Carreteras, Volumen 3, Instrucciones y Criterio de Diseño. MOP – DGOP – Dirección de Vialidad, Chile, 2014.
- Manual de Carreteras, Volumen 2, Procedimientos de estudios viales. MOP – DGOP – Dirección de Vialidad, Chile, 2014.
- Manual de Vialidad Urbana, Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana (REDEVU). MINVU, Chile, 2009.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), A Policy on geometric Design of highways and streets, Washington, Estados Unidos, 2001.

**Páginas Web:**

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Santiago\\_de\\_Chile](http://es.wikipedia.org/wiki/Santiago_de_Chile)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%B3n\\_Metropolitana\\_de\\_Santiago](http://es.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%B3n_Metropolitana_de_Santiago)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Autopista\\_Costanera\\_Norte](http://es.wikipedia.org/wiki/Autopista_Costanera_Norte)

# ANEXOS



UNC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales

**ANEXO Nº 1:**  
**TABLA**  
**RESUMEN**  
**PARÁMETROS**  
**GEOMÉTRICOS**  
**DE DISEÑO**



**UNC**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

**Facultad de Ciencias exactas, Físicas y  
Naturales**

**ANEXO Nº 1:** Tabla resumen de los parámetros de diseño de los diferentes elementos que conforman el proyecto.

Tramo		V <sub>p</sub> [km/h]	Planta			Alzado			
			R <sub>mín</sub> [m]	ρ <sub>máx</sub> [%]	A <sub>mín</sub> [m]	i <sub>máx</sub> [%]	k <sub>v</sub> [m]	k <sub>c</sub> [m]	L <sub>mín</sub> [m]
Área de Servicio	Vía principal	80	230	8	99,9	6,5	2800	2400	53
	Ramal acceso Oriente	35	30	8	30	8	300	450	20
	Ramal acceso Poniente	35	30	8	30	8	300	450	20
Enlace R68	Lazo Sur-Poniente	50	75	8	50	7	700	1000	28
	Ramal Sur-Oriente	80	250	8	130	5	3000	2600	60
	Lazo Poniente-Norte	55	90	8	60	6,5	900	1200	32
	Ramal Poniente-Sur	80	250	8	130	5	3000	2600	60
	Ramal Norte-Poniente	70	170	8	100	5,5	1800	1900	50
	Camino San Pablo Antigua	40	40	8	35	7	400	500	22
Vía Principal	Tramo 1	120	700	8	234	4	14000	6300	120
	Tramo 2	100	425	8	173	4,5	6850	4200	100
Callejón de los Perros	Calle troncal	60	135	4	68,4	7,5	1000	1200	40
	Ramal NorOriente	80	250	8	130	5	3000	2600	60
	Ramal SurOriente	80	250	8	130	5	3000	2600	60
	Ramal SurPoniente	80	250	8	130	5	3000	2600	60
	Ramal NorPoniente	80	250	8	130	5	3000	2600	60
La Farfana	Calle troncal	40	50	4	36	10	250	450	27
Etapa II	Vía principal	120	700	8	234	4	14000	6300	120
Viejo Límite	Calle troncal	60	135	4	68,4	7,5	1000	1200	40
	Ramal Norte-Poniente	60	120	8	70	6	1200	1400	35
	Ramal Norte-Oriente	40	40	8	35	7	400	500	22
	Calle local Zanjón de la Aguada	60	135	4	68,4	7,5	1000	1200	40
Enlace R78	Ramal Oriente-Norte	80	250	8	130	5	3000	2600	60
	Lazo Poniente-Norte	50	75	8	50	7	700	1000	28
	Lazo Norte-Oriente	55	90	8	60	6,5	900	1200	32
	Ramal Norte-Poniente	80	250	8	130	5	3000	2600	60
Calles de Servicio		40	50	4	36	10	250	450	27