

## **CAPÍTULO 6: SECCIONES TRANSVERSALES**

La sección transversal es uno de los puntos a definir al diseñar un camino. La misma es el resultado de la intersección de éste con un plano vertical perpendicular a la proyección horizontal de su eje.

Si bien existen tantas secciones transversales como cortes quieran hacerse en el desarrollo longitudinal de la vía (en función de que varían según la topografía), lo que se hace para definir las es plantear perfiles tipo, los cuales describen de forma genérica sus distintos elementos.

Para su completa determinación, es necesario fijar aspectos geométricos (que llevarán a cumplir las funciones deseadas) y estructurales (darán la resistencia y estabilidad requeridas por las cargas del tránsito).

Hay dos elementos patrones que guían y condicionan su diseño: el tipo de camino (rural o urbano) y el volumen de tránsito previsto. Sin embargo, deben tenerse en cuenta otros factores influyentes tales como vehículo tipo, seguridad, economía y experiencias anteriores.

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 (movilidad en este proyecto), teniendo en cuenta el nivel de servicio que se le quiere otorgar a la vía, determinado principalmente por su capacidad.

En el anteproyecto de Av. de Circunvalación – Tramo 1B se previeron secciones transversales del tipo rural para su eje principal, ramales y colectoras y perfiles tipo urbanos para Av. La Donosa y Av. Fuerza Aérea Argentina.

Los volúmenes de tránsito previstos, tal como se explicó en el punto 4.2 resultaron elevados, justificando la construcción de una autopista y, por ende, la necesidad de proyectar secciones características de este tipo de vías.

### **6.1. ELEMENTOS CONSTITUYENTES**

En aras de una completa y correcta definición, se tratan las distintas partes de la sección por separado, buscando proveer a cada una las características necesarias para cumplir adecuadamente la función que le corresponde.

#### **6.1.1. Calzada**

Una calzada es una faja geoméricamente definida de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular, permitiendo desplazamientos cómodos y seguros. Puede estar pavimentada o no según los requerimientos y condicionantes de cada caso. Está formada por uno o más carriles, con sentido unidireccional o bidireccional. Un carril

es entonces una franja longitudinal, delimitada con demarcación horizontal, que puede acomodar una fila de vehículos transitando en un sentido. Los hay de dos tipos: básicos y auxiliares.

Los primeros son continuos a lo largo del camino, ya que constituyen la materialización de su eje principal. El número a proveer depende del flujo de tránsito y el nivel de servicio deseado.

Los carriles auxiliares se añaden adyacentes a los anteriores para mejorar el flujo de tránsito, la seguridad y mantener el nivel de servicio necesario. Usualmente son de corta longitud y sirven para cambiar la velocidad (desaceleración o aceleración) sin interferir en las calzadas principales, apareciendo próximos a intersecciones o en casos particulares con una finalidad específica.

Las operaciones seguras y eficientes de los vehículos dependen de anchos adecuados de carril y banquina. Por las altas velocidades y volúmenes de tránsito, en general con alto porcentaje de camiones, los carriles de tránsito directo de las autopistas deben ser de 3,65 metros, con pavimentos que tengan superficie de alta calidad (concreto asfáltico u hormigón), con adecuada resistencia al deslizamiento.

En secciones con anchos de carril y banquina por debajo de los establecidos por normativa, debe considerarse la posibilidad de incluir medidas de mitigación, las cuales pueden ser: disminuir el límite de velocidad señalado, aumentar la señalización de prevención y regulación, incluir señalización activa para mensajes cambiables y semáforos, iluminación continua o patrullas de servicio y monitoreo permanente para asegurar la identificación de problemas y rápida solución.

En el diseño geométrico, también debe proveerse a las calzadas una inclinación transversal mínima (o bombeo), con el propósito de evacuar las aguas superficiales, permitiendo su eliminación en el menor tiempo posible. Así se logra disminuir la probabilidad de infiltración en el paquete estructural (y, por ende, su deterioro) y la acumulación de agua en capas que afecten el mantenimiento de los vehículos sobre la calzada. Dicha pendiente depende del tipo de superficie de rodadura y de la magnitud de la lluvia propia del área en que se emplaza el trazado, aunque en general se utilizan valores mínimos propuestos en las normas de la Dirección Nacional de Vialidad, que permiten un adecuado drenaje superficial en los límites tolerables para la operación segura del tránsito.

En el anteproyecto de Av. de Circunvalación, los anchos de las calzadas principales se diseñaron en función de la AASHTO, que prevé 3,65 metros por carril para no generar sobre el conductor una sensación de cercanía con los vehículos de los carriles colindantes, haciendo que disminuya su velocidad y atentando así contra el objetivo principal de la vía, otorgar movilidad.

El valor asignado respeta la recomendación de la Dirección Nacional de Vialidad para velocidades de diseño mayores a 80 km/h (en este proyecto es 110 km/h).

En cuanto a la cantidad, se optó por dos calzadas con tres carriles básicos cada una. La decisión se fundamenta en que el arco existente del anillo ya funciona hoy próximo a su capacidad y los estudios de tránsito futuro arrojaron valores que no podrían ser contenidos en cuatro carriles (dos por mano), tal como se explicó en el CAPÍTULO 4:

También se proyectaron carriles auxiliares en zona de intersecciones, cuyo ancho de calzada va variando hasta alcanzar 3,65 metros. Los carriles de cambio de velocidad para los vehículos que entran o salen de una autopista son esenciales para la seguridad y eficiencia de la intersección, por cuanto permiten que el giro se complete con mínima interferencia en la corriente principal de tránsito.

Las longitudes de estos carriles de cambio de velocidad para desarrollar la transición y las narices asociadas se calcularon conforme a lo indicado en los planos tipo OB-1 y OB-2 de la Dirección Nacional de Vialidad.

Las ramas de giro, en tanto, se diseñaron bajo la premisa de que deben tener un ancho adecuado de acuerdo a los movimientos que en ellas se realicen y las características de los vehículos tipo que utilizarán la intersección.

Además, las calzadas de colectoras, círculo de tránsito, Av. La Donosa y Av. Fuerza Aérea Argentina, fueron proyectadas con el mismo procedimiento.

En todos los casos se optó por pavimento de hormigón, excepto en colectoras donde se utilizará carpeta asfáltica.

### **6.1.2. Banquina**

Franja longitudinal, paralela y adyacente a las calzadas, que puede estar pavimentada (con asfalto u hormigón) o sólo poseer tratamiento superficial.

Es un elemento de la sección transversal que cumple importantes funciones. Por un lado, sirve como confinamiento de la superficie de rodadura, proporcionando protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad. También se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de que sea necesario, asegura una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores aumentando de este modo la velocidad de circulación y, por ende, la capacidad de la vía y ofrecen espacio adicional para maniobras de emergencia, beneficiando la seguridad.

Debe estar, en la medida de lo posible, libre de obstáculos y poseer un ancho constante.

Al igual que la calzada, posee una pendiente transversal necesaria para el drenaje superficial.

De acuerdo a la norma, cuando en una autopista no puedan proveerse adecuadas banquetas externas (del lado derecho) a lo largo de una sección significativa (1,5 kilómetros o más), deben adicionarse áreas de detención de emergencia, adecuadamente espaciadas y señalizadas. Estas dársenas deben ser de suficiente longitud y ancho como para acomodar grandes camiones.

En el anteproyecto de este informe, las calzadas principales, colectoras y ramales incluyen banquetas de diferentes anchos en ambos márgenes. Las de las colectoras se proyectaron sin pavimentar y el resto, aunque no en todo su ancho, con una faja de pavimento asfáltico.

Dada la elevada categoría de la vía y su alta velocidad de proyecto, se requieren de banquetas lo suficientemente extensas como para albergar los vehículos detenidos por emergencia sin constituir interferencia en el flujo pasante, por lo que se adoptaron banquetas exteriores con un ancho de 3 metros en las calzadas principales y de 2,50 metros en las vías restantes. En todos los casos, poseen una pendiente transversal de igual sentido y valor que las calzadas adyacentes.

### **6.1.3. Mediana**

Se denomina mediana (o cantero central) al espacio libre existente entre los bordes interiores de los carriles unidireccionales adyacentes, incluyendo las banquetas internas si las hay.

Se provee como elemento de seguridad ya que, al separar las calzadas de los distintos sentidos de circulación, evita la invasión de los vehículos en los carriles de la mano opuesta, evitando principalmente choques frontales.

Si posee un ancho adecuado, sirve como zona de recuperación a los vehículos involuntariamente despistados, área de detención en caso de emergencias, brinda un espacio de almacenamiento para giros a la izquierda y/o para futuras trochas, minimiza el encandilamiento (más aún si está parquizada), y favorece el drenaje con una ligera depresión o bombeo.

Si bien los reglamentos establecen anchos mínimos según características del camino, es conveniente que, dentro de lo razonable, sea el mayor posible.

Si el área no fuera suficiente para darle medidas acordes, se instalan en ella dispositivos de seguridad. Y si, en caso contrario, posee una extensión considerable, se aconseja que la misma drene por medio de una cuneta longitudinal ubicada entre las calzadas.

En estos casos, para que la cuneta no constituya un peligro, su profundidad no debe ser mayor que la requerida para un apropiado desagüe, y las pendientes de los taludes suaves (preferentemente 1:6).

La mediana del proyecto presenta un ancho variable, pero siempre respetando un mínimo de 15,2 metros con la finalidad de albergar en un futuro dos carriles más. Sus taludes se diseñaron 1:6.

### **6.1.4. Talud**

Los taludes deben ser correctamente diseñados por varias razones: seguridad técnica y psicológica del conductor, estabilidad geológica, facilidad de mantenimiento, estética y economía.

Como regla principal debe saberse que taludes muy empinados no permiten retomar el control del vehículo en caso de despiste, generando altas probabilidades de vuelco.

Cumplir con estas recomendaciones se presentó como un inconveniente, debido a que el proyecto se encuentra en zona urbanizada, lo cual implicó adaptar el diseño al espacio disponible en varios sectores, imposibilitando la previsión de taludes más tendidos.

Como solución a esto, se planteó la colocación de barreras de seguridad flexibles del tipo flexbeam.

#### **6.1.5. Cuneta**

Una cuneta se proyecta con la finalidad de recolectar el agua de lluvia proveniente de la calzada y de su área de aporte, para conducirla y depositarla en obras de arte o en la red de escurrimiento natural.

Es fundamental diseñarlas como traspasables (franqueables con un automóvil), ya que de lo contrario se tornan peligrosas.

Las cunetas traspasables se conforman con amplios y suaves lados y poca profundidad, lo que permite a los vehículos errantes atravesarlas sin ser violentamente redirigidos, volcados o abruptamente desacelerados.

Cuando no puedan proveerse cunetas de este tipo, debe considerarse la reubicación de las mismas por fuera de la zona despejada, sistemas de drenaje subterráneos, o barreras que impidan que los vehículos las alcancen.

Para el Cierre de Av. de Circunvalación – Tramo 1B, las cunetas debieron hacerse con profundidades y taludes importantes, que generan intrínsecos riesgos potenciales, dado las limitaciones de espacio para relocalizarlas o diseñarlas con dimensiones más seguras.

La solución planteada es la misma a la citada para los taludes, es decir, la previsión de barreras flexibles.

#### **6.1.6. Zona de camino**

Es el espacio comprendido entre las propiedades frentistas, afectado a la vía de circulación y sus instalaciones complementarias.

Las normas de la Dirección Nacional de Vialidad proponen dimensiones mínimas según la categoría de la carretera.

Para Av. de Circunvalación - Tramo 1B, por ser de categoría especial y estar en ámbito urbano, el ancho mínimo de zona de camino recomendado es de 180 metros. Sin embargo, este valor no pudo ser respetado en todo el desarrollo por la presencia de edificaciones próximas que restringieron el espacio disponible.

## **6.2. PERFILES TIPO DEL PROYECTO**

En los siguientes puntos se muestran y describen las secciones transversales propuestas para cada eje.

### **6.2.1. Eje principal**

La sección tipo adoptada contempló dos calzadas unidireccionales de 10,95 metros de ancho cada una, con tres carriles básicos por sentido de circulación, con banquetas de 3 metros, de los cuales 2,50 metros de la banquina externa y 1 metro de la banquina interna serán pavimentados con asfalto.

Los carriles internos de cada mano se separaron con un cantero central, cuyo ancho típico previsto (15,2 metros o más) permite albergar un carril adicional para cada sentido de circulación, debiendo preverse en ese caso el ensanche de los viaductos.

Las calzadas se proyectaron de pavimento rígido (hormigón), con una capa superior de 0,28 metros y con un bombeo normal de 2%, siendo el punto elevado de las mismas su borde interior, es decir, cada calzada se diseñó con pendiente en un solo sentido.

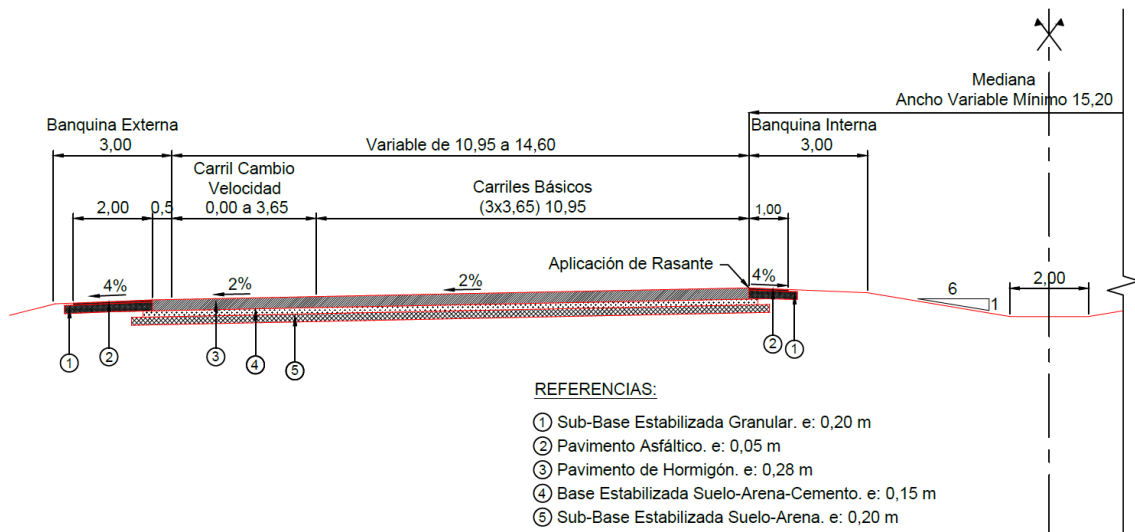
Las banquetas se previeron de pavimento flexible (asfalto), con un espesor de 0,05 metros y pendientes hacia el exterior del 4%.

En tramos con taludes muy empinados o cuando se daba la presencia de obstáculos puntuales que significarían un riesgo potencial, se proyectaron barreras de seguridad flexibles tipo flexbeam.

En las zonas del intercambiador con el futuro bulevar, la intersección con Av. Fuerza Aérea Argentina y el enlace con Ruta Nacional N°20, se agregaron carriles para cambios de velocidad (aceleración y desaceleración), con la finalidad de proveer salidas e ingresos seguros a las distintas calzadas, sin interferir en el flujo pasante del eje principal.

Los paquetes estructurales fueron aportados por el comitente, quien contrató una entidad para que realizara el cálculo de las diferentes capas que conforman en profundidad a cada calzada.

A continuación, en la Figura 6.1, se presenta el perfil tipo establecido para el eje principal del proyecto, incluyendo carriles auxiliares:



**Figura 6.1: Perfil tipo eje principal.**

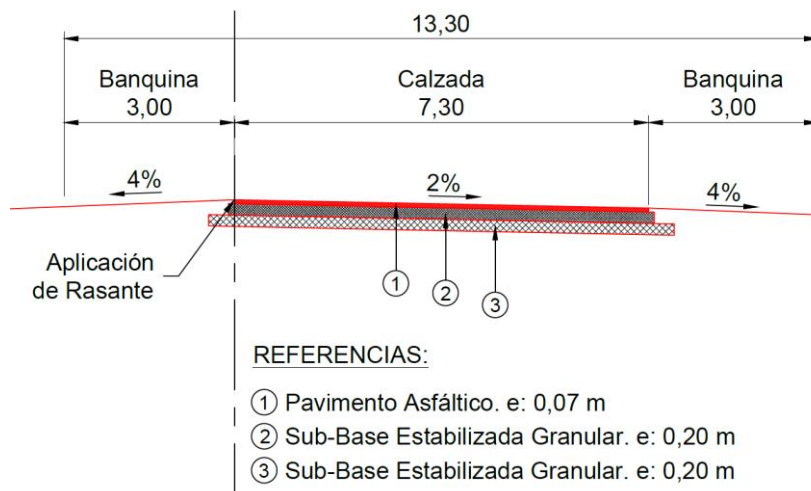
### 6.2.2. Colectoras

En cuanto a las calles colectoras, presentan un ancho de calzada de 7,30 metros definido según AASHTO como ya se explicó y banquetas de 3 metros a ambos costados. Esta sección permite la operación simultánea de 2 vehículos y la utilización del espacio paralelo al cordón para estacionamiento.

Los carriles se prevén pavimentados con asfalto, cuya capa de rodadura tiene un espesor de 0,07 metros y las banquetas sólo cuentan con tratamiento superficial.

La pendiente transversal de la calzada se plantea del 2% y hacia un solo lado.

En la Figura 6.2, se muestra el eje planteado para las colectoras.



**Figura 6.2: Perfil tipo calles colectoras.**

### 6.2.3. Ramales

Se debe distinguir entre el perfil transversal de las calzadas principales y el de los enlaces. Lo ideal es que el perfil transversal de las calzadas principales se mantenga sin cambios en la zona del distribuidor, lo cual, en ciertos casos de estructuras de gran longitud, el costo de mantenerlo resulta muy elevado, y la decisión depende de un estudio económico para cada caso. En el caso de Av. de Circunvalación - Tramo 1B, las calzadas principales se proyectaron con el mismo perfil tipo en toda su extensión.

Por su parte, los enlaces, no mantienen los anchos clásicos en los carriles, sino que los mismos vienen dados fundamentalmente por los vehículos de diseño utilizados. Para asignarlos, se utilizó la tabla 3-29 (Design Widths of Pavements for Turning Roadways) de la publicación 2011 de la AASHTO (Tabla 6.1 de este informe). A la misma se ingresó con condiciones de operación y de borde de cada caso y con el radio de la curva en cuestión. Para esta tarea, si en el mismo ramal existían varios radios, se utilizaba el menor por ser el que requería anchos de calzada mayores.



**Tabla 6.1: Diseño de anchos de calzadas para ramales según AASHTO.**

Metric										U.S. Customary									
Radius on Inner Edge of Pavement, <i>R</i> (m)	Pavement Width (m)									Radius on Inner Edge of Pavement, <i>R</i> (ft)	Pavement Width (ft)								
	Case I One-Lane, One-Way Operation—no provision for passing stalled vehicle			Case II One-Lane, One-Way Operation—with provision for passing stalled vehicle			Case III Two-Lane Operation—either one-way or two-way operation				Case I One-Lane, One-Way Operation—no provision for passing stalled vehicle			Case II One-Lane, One-Way Operation—with provision for passing stalled vehicle			Case III Two-Lane Operation—either one-way or two-way operation		
	Design Traffic Conditions										Design Traffic Conditions								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C		A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5.4	5.5	7.0	6.0	7.8	9.2	9.4	11.0	13.6	50	18	18	23	20	26	30	31	36	45
25	4.8	5.0	5.8	5.6	6.9	7.9	8.6	9.7	11.1	75	16	17	20	19	23	27	29	33	38
30	4.5	4.9	5.5	5.5	6.7	7.6	8.4	9.4	10.6	100	15	16	18	18	22	25	28	31	35
50	4.2	4.6	5.0	5.3	6.3	7.0	7.9	8.8	9.5	150	14	15	17	18	21	23	26	29	32
75	3.9	4.5	4.8	5.2	6.1	6.7	7.7	8.5	8.9	200	13	15	16	17	20	22	26	28	30
100	3.9	4.5	4.8	5.2	5.9	6.5	7.6	8.3	8.7	300	13	15	15	17	20	22	25	28	29
125	3.9	4.5	4.8	5.1	5.9	6.4	7.6	8.2	8.5	400	13	15	15	17	19	21	25	27	28
150	3.6	4.5	4.5	5.1	5.8	6.4	7.5	8.2	8.4	500	12	15	15	17	19	21	25	27	28
Tangent	3.6	4.2	4.2	5.0	5.5	6.1	7.3	7.9	7.9	Tangent	12	14	14	17	18	20	24	26	26
Width Modification for Edge Conditions										Width Modification for Edge Conditions									
No stabilized shoulder		None			None			None		No stabilized shoulder		None			None			None	
Sloping curb		None			None			None		Sloping curb		None			None			None	
Vertical curb:										Vertical curb:									
one side		Add 0.3 m			None			Add 0.3 m		one side		Add 1 ft			None			Add 1 ft	
two sides		Add 0.6 m			Add 0.3 m			Add 0.6 m		two sides		Add 2 ft			Add 1 ft			Add 2 ft	
Stabilized shoulder, one or both sides		Lane width for conditions B & C on tangent may be reduced to 3.6 m where shoulder is 1.2 m or wider			Deduct shoulder width(s); minimum pavement width as under Case I			Deduct 0.6 m where shoulder is 1.2 m or wider		Stabilized shoulder, one or both sides		Lane width for conditions B & C on tangent may be reduced to 12 ft where shoulder is 4 ft or wider			Deduct shoulder width(s); minimum pavement width as under Case I			Deduct 2 ft where shoulder is 4 ft or wider	

Note:

- A = predominantly P vehicles, but some consideration for SU trucks
- B = sufficient SU-9 vehicles to govern design, but some consideration for semitrailer combination trucks
- C = sufficient bus and combination-trucks to govern design

Note:

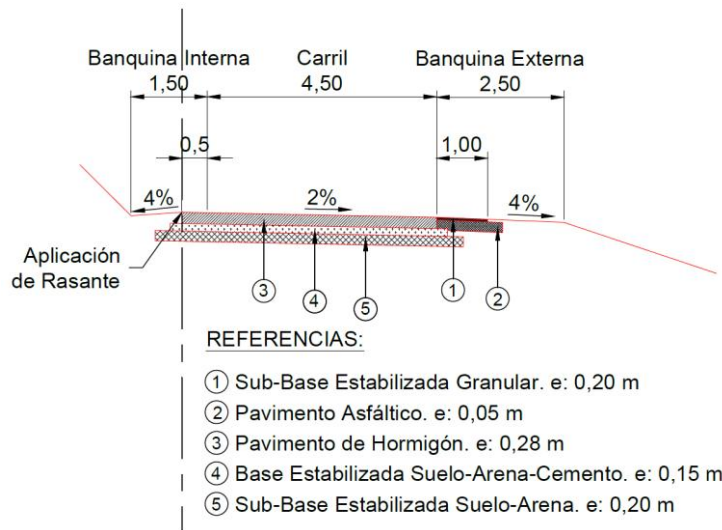
- A = predominantly P vehicles, but some consideration for SU trucks
- B = sufficient SU-30 vehicles to govern design, but some consideration for semitrailer combination trucks
- C = sufficient bus and combination-trucks to govern design

De este modo, las calzadas que conforman los ramales presentan anchos diferentes en función de sus radios. Las variedades obtenidas fueron 4,50 metros (ramales E-O, O-S y S-E de la intersección con Av. Fuerza Aérea Argentina), 5,50 metros (ramales E-S y O-N de la misma intersección) y 7,30 metros dividido en dos carriles de 3,65 metros (ramales E-N y N-E de intersección con Av. Fuerza Aérea Argentina y todos del enlace con Ruta Nacional N°20).

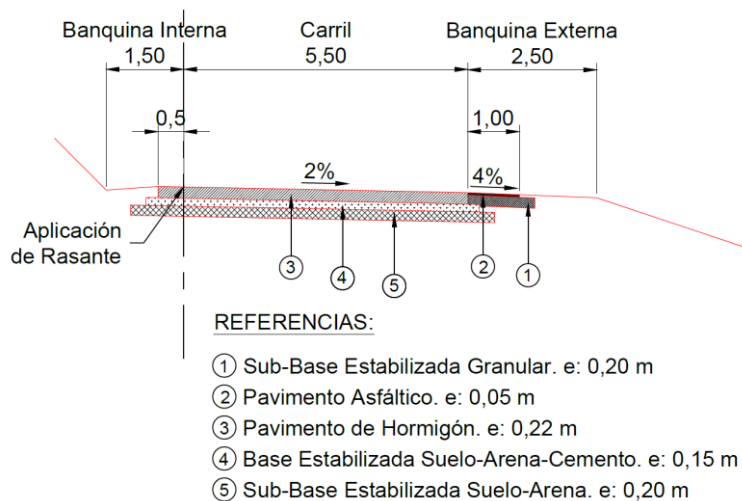
Se previeron banquetas en todos los casos con la finalidad de permitir la operación de un vehículo incluso si eventualmente se hallase otro detenido en banquina.

Los de 4,5 y 5,5 metros cuentan con banquina interna de 1,50 metros de ancho (0,50 metros pavimentados) y externa de 2,50 metros de ancho (1 metro pavimentado). Los de ancho de 7,30 metros presentan banquina interna de 3 metros de ancho (1 metro pavimentado) y externa de 3 metros de ancho (2 metros pavimentados).

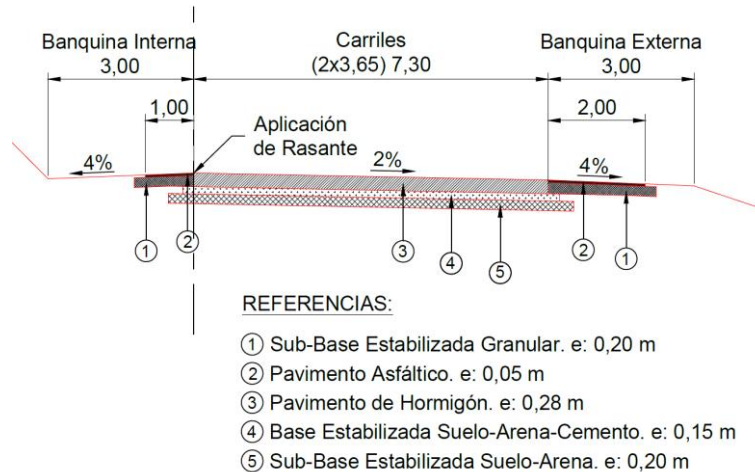
En las Figura 6.3, Figura 6.4 y Figura 6.5 se muestran los distintos ejes planteados para las colectoras, en función de la variación de sus anchos.



**Figura 6.3: Perfil tipo ramales de 4,50 metros de ancho.**



**Figura 6.4: Perfil tipo ramales de 5,50 metros de ancho.**

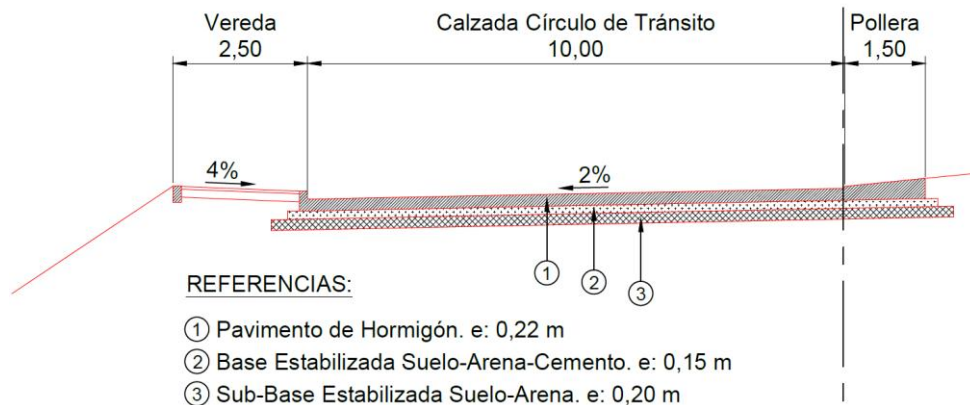


**Figura 6.5: Perfil tipo ramales de 7,30 metros de ancho.**

#### 6.2.4. Círculo de Tránsito

El círculo de tránsito previsto presenta una calzada de 10 metros de ancho a materializar con pavimento de hormigón con capa superficial de 0,22 metros de espesor, acera de 2,50 metros y una falda de 1,50 metros. Esto permite la operación de semi-remolques tipo "Mosquito".

En la Figura 6.6, se muestra el perfil tipo del círculo de tránsito.



**Figura 6.6: Perfil tipo círculo de tránsito.**

#### 6.2.5. Ejes Complementarios

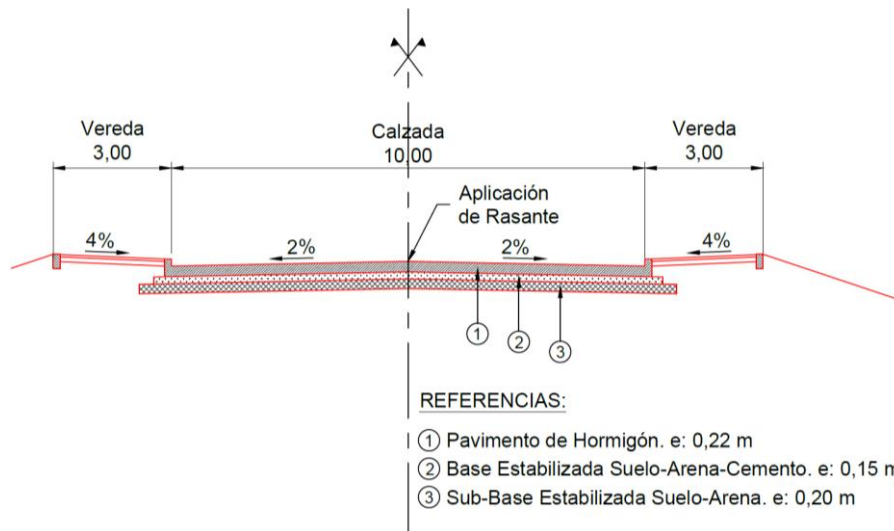
##### 6.2.5.1. Av. La Donosa

Para dar continuidad a esta avenida (dado que es interceptada por los ejes principales del proyecto), se plantea un viaducto con un perfil tipo similar al que actualmente tiene la vía: una calzada de dos trochas que facilita el tránsito bidireccional, confinada por cordones cuneta montables.

La sección es tipo diedro (a dos aguas, con un bombeo normal del 2%) y tiene aceras de 3 metros en ambos lados con pendiente del 4% hacia la calzada, cuya terminación se ejecuta con cordones semienterrados.

Su paquete estructural prevé una capa de hormigón de 0,22 metros de espesor como superficie de rodadura.

En la Figura 6.7 se muestra el perfil tipo planteado para esta avenida.



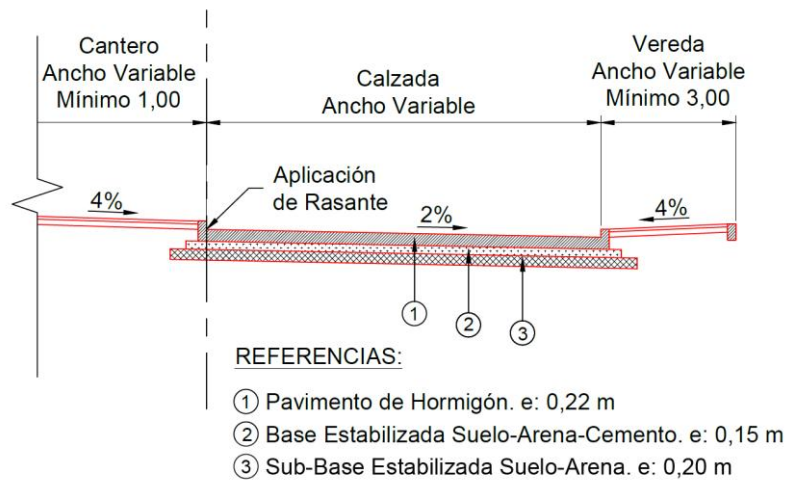
**Figura 6.7: Perfil tipo Av. La Donosa**

### 6.2.5.2. Av. Fuerza Aérea Argentina

Al igual que para Av. La Donosa, se buscó dar continuidad al perfil existente de Av. Fuerza Aérea Argentina. Para lograrlo, se contempló un perfil urbano tipo bulevar con dos calzadas de dos carriles y ancho variable en pavimento rígido, separadas por un cantero cuyo ancho también varía, pero manteniendo 1 metro como mínimo. Ambas calzadas están limitadas por cordones cunetas montables de hormigón en su lado exterior, coincidente con la inclinación que suministra su bombeo normal del 2%.

Se proyectó también una acera de ancho variable (mínimo de 3 metros) que finaliza con un cordón tipo semienterrado, al igual que los cordones que delimitan al cantero central.

En la Figura 6.8 se muestra el perfil tipo propuesto para Av. Fuerza Aérea Argentina.



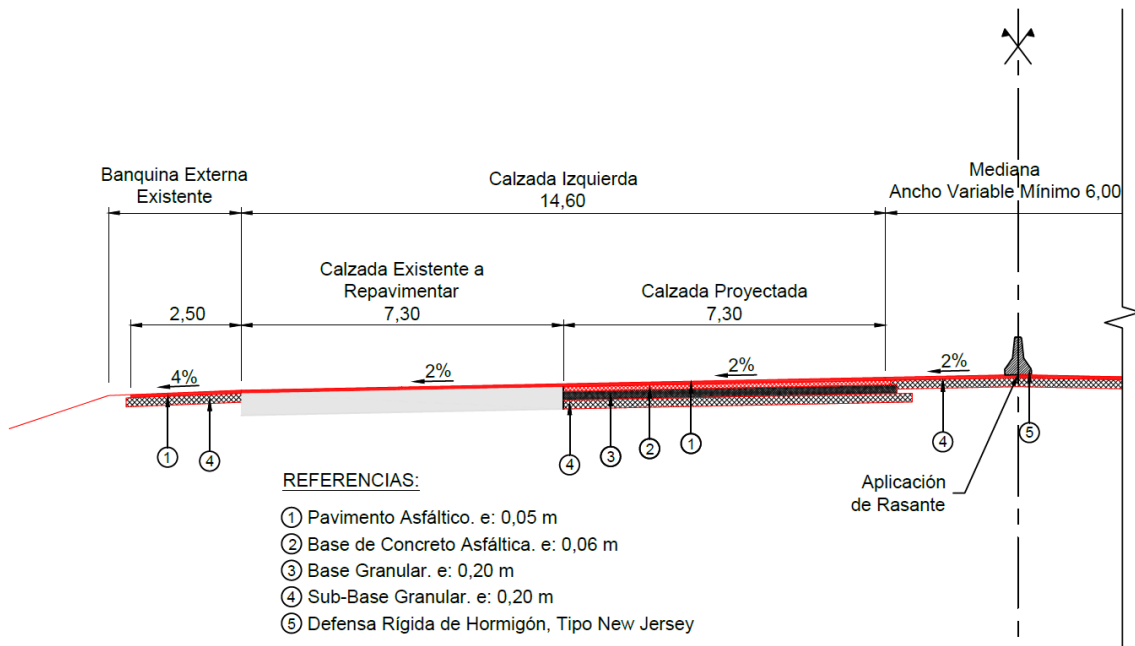
**Figura 6.8: Perfil tipo Av. Fuerza Aérea Argentina.**

### 6.2.5.3. Ruta Nacional N°20

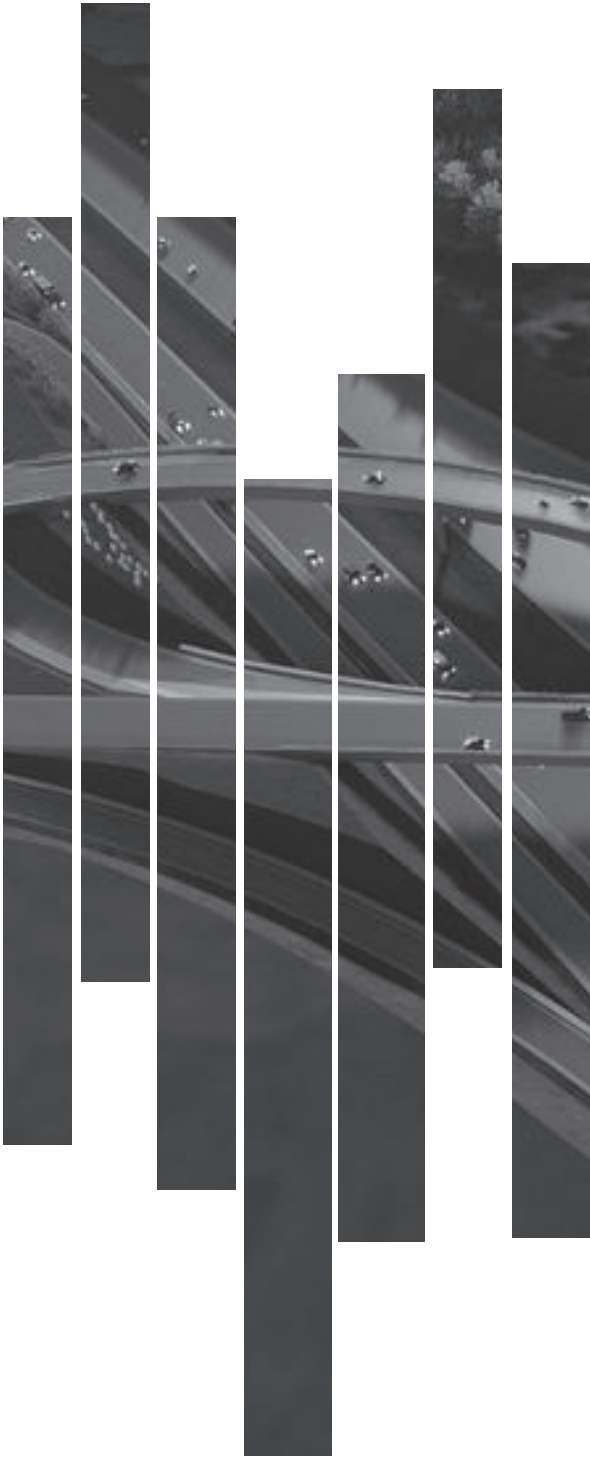
Para el tramo a intervenir de Ruta Nacional N°20, se proyectó la ejecución de un recapado de concreto asfáltico de 0,05 metros de espesor para las calzadas existentes y sus banquetas, a la vez que se agregaron dos carriles más por mano de 3,65 metros cada uno, terminados superficialmente con pavimento asfáltico.

En la mediana (que va variando su ancho, conservando siempre un mínimo de 6 metros), se previó la colocación de defensas rígidas de hormigón tipo New Jersey alta o F (TL5). Esto se fundamentó en la necesidad de asegurar el máximo nivel de contención posible, aún para impacto de vehículos de gran porte (hasta 40 toneladas).

En la Figura 6.9 se muestra el perfil tipo del tramo a repavimentar de Ruta Nacional N°20.



**Figura 6.9: Perfil Tipo Ruta Nacional N°20**



## CAPÍTULO 7

### DISEÑO PLANIALTIMÉTRICO

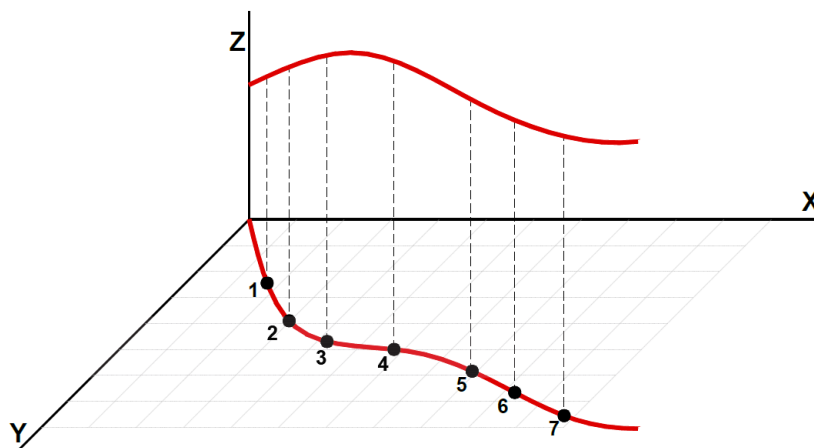
## CAPÍTULO 7: DISEÑO PLANIALTIMÉTRICO

Una vez elegida la alternativa de la traza y definidos los perfiles tipo, sobre la base del relevamiento se procede a buscar la combinación de alineamientos rectos y curvos que mejor se adapte al terreno y a los condicionantes de diseño.

En una autopista, entre los puntos de control primarios se destacan los constituidos por la ubicación y tipo de los futuros distribuidores. Además, al ser proyectada para alto volumen de tránsito y operaciones de elevada velocidad, los alineamientos (horizontal y vertical) deben estar diseñados con parámetros que permitan una circulación fluida.

Para comenzar, se adopta una línea o eje al que se referirán los demás elementos geométricos a definir, representado en planta mediante una poligonal de base y curvas horizontales, lo cual constituye la planimetría. Luego, se elabora un perfil longitudinal del terreno por donde pasa dicho eje y se diseña la rasante, es decir, su proyección en altura, lo que se denomina altimetría.

De este modo, la traza del camino queda representada por una línea alabeada de 3 componentes: x,y,z, tal como se muestra en la Figura 7.1.

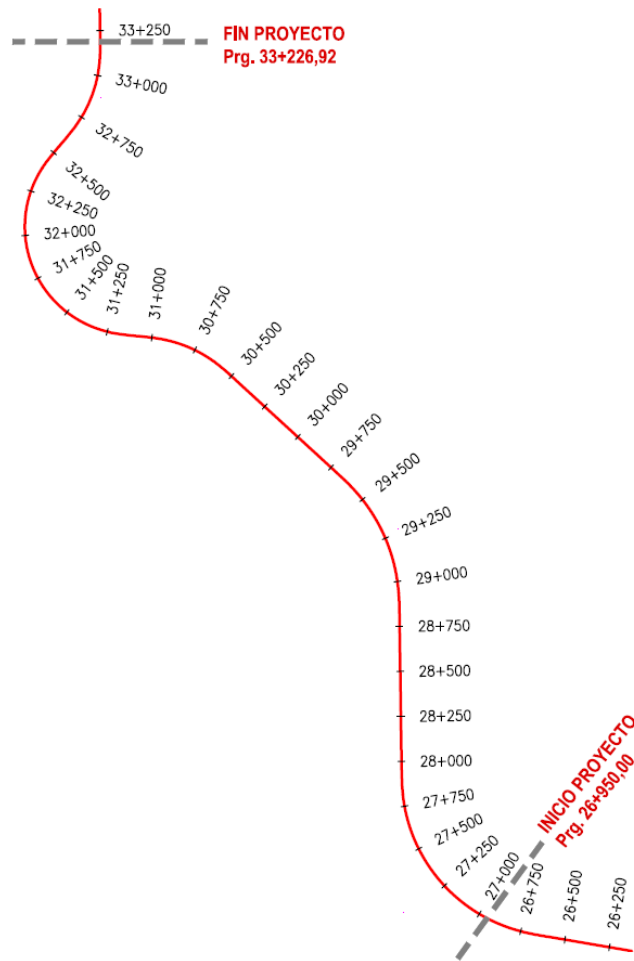


**Figura 7.1: Representación tridimensional del eje de un camino.**

En este proyecto, el eje se presenta de color rojo y está dividido en intervalos cuya designación se denomina progresiva (Prg). Ésta se define por un número que expresa la distancia a partir del inicio de Av. de Circunvalación Agustín Tosco. Se hace notar, a modo de ejemplo, la progresiva 27+400 (donde se encuentra el distribuidor Bulevar) se ubica a 27 kilómetros y 400 metros desde el inicio de Av. de Circunvalación, siguiendo el desarrollo del eje.

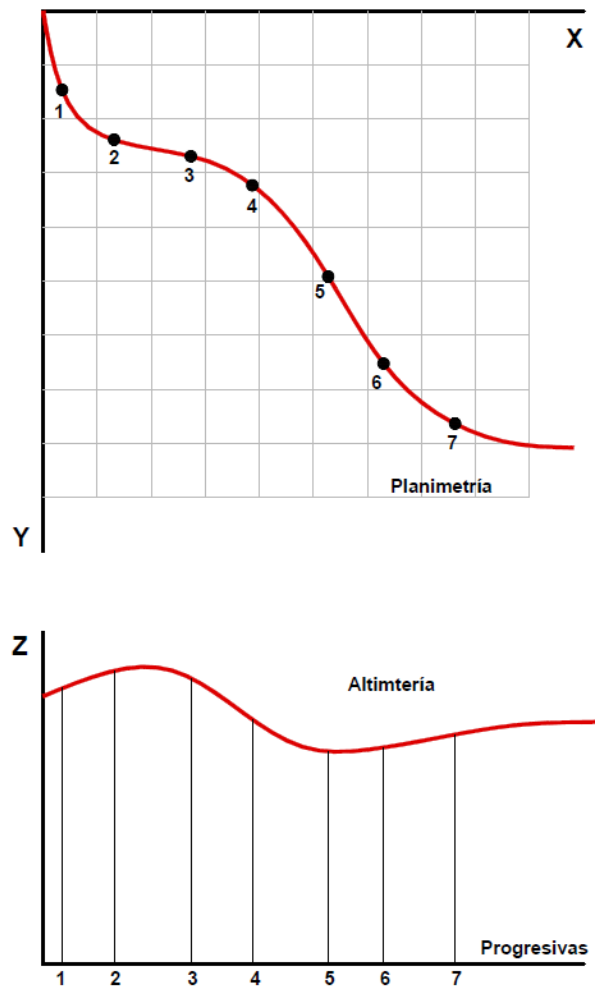
En la Figura 7.2, se muestra la planimetría del eje del proyecto con las progresivas.





**Figura 7.2: Planimetría del eje del proyecto con progresivas.**

Para representarlo en planos se adopta, por razones prácticas y de fácil interpretación, un sistema compuesto de planimetría y altimetría, complementado con perfiles transversales, del modo en que se muestra en la Figura 7.3.



**Figura 7.3: Planimetría y altimetría.**

El diseño del eje proyectado se basó en las recomendaciones de la Guía Americana de Diseño Geométrico de Carreteras y Calles<sup>7</sup> desarrollada por el Comité ejecutivo de “American Association of State Highway and Transportation Officials” (AASHTO).

Como material de consulta y para la definición específica de algunos parámetros también se utilizaron las Normas de Diseño Geométrico de la Dirección Nacional de Vialidad.

### 7.1. TOPOGRAFÍA DE DETALLE

En el CAPÍTULO 4: se habló de la topografía haciendo alusión a ella como una característica general del territorio donde está emplazada la obra. Sin embargo, si bien ésta es de suma relevancia para definir distintos aspectos, al momento de llevar a cabo

<sup>7</sup> AASHTO, Sexta Edición, año 2011.

el diseño planialtimétrico es necesario contar con información mucho más precisa del terreno, debiendo acudir a la topografía de detalle.

La misma se representa a través de un modelo digital de terreno y elevaciones, el cual consiste en una maqueta computacional de la zona de proyecto, elaborada y procesada en un software CAD<sup>8</sup>, donde se carga previamente toda la información recolectada en campo.

Para lograr este modelo, deben realizarse dos tareas: el levantamiento topográfico y el relevamiento de detalles, los cuales generalmente se efectúan de forma simultánea, es decir, a la vez que se registran puntos del relieve, se toma información del terreno (edificaciones existentes, árboles, postes y demás elementos de interés.).

El levantamiento topográfico es la realización de un muestreo de puntos del terreno que sean representativos del relieve del terreno natural, es decir, la determinación de la posición (x, y, cota) de puntos característicos. Esto tiene como objeto la construcción del Modelo Digital de Elevaciones (MDE), que es una maqueta digital del terreno que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie y que se acopla al modelo digital del terreno para formar parte de él.

Para el proyecto de este informe, el levantamiento topográfico y el relevamiento de datos se realizó con un método directo de posicionamiento con GNSS diferencial con RTK<sup>9</sup>, en el año 2011.

El método de levantamiento mediante GNSS-RTK en tiempo real consiste en la obtención de coordenadas con precisión centimétrica. Usualmente se aplica a posicionamientos cinemáticos, aunque también permite posicionamientos estáticos. Es un método relativo dado que existe un receptor fijo que está en modo estático en un punto de coordenadas conocidas y un receptor móvil que está en movimiento, del cual se determinan las coordenadas en tiempo real. Para su transmisión, se precisa un sistema de telecomunicaciones entre ambos receptores.

## **7.2. PLANIMETRÍA**

La planimetría es la proyección de la línea de eje sobre el plano X Y o plano horizontal. Está compuesta por una poligonal y curvas circulares y espirales o de transición. 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 relación al proyecto, éste coincide con el centro de la mediana para Av. de Circunvalación (eje principal).

El trazado parte de la poligonal de base, que es un conjunto de rectas que definen, tentativamente, la trayectoria de la carretera y, para completar el alineamiento horizontal, se definen las curvas que unen las rectas de la poligonal. Dichas curvas son

---

<sup>8</sup> CAD: siglas en inglés para diseño asistido por computadoras.

<sup>9</sup> RTK: siglas en inglés para navegación cinemática en tiempo real.

las que permiten los cambios de dirección en forma gradual y segura teniendo en cuenta la velocidad de proyecto y características de operación, frenado y aceleración de los usuarios de la vía.

En el proyecto, la poligonal de base se definió en la etapa del trazado de alternativas y factibilidad en donde se tuvieron en cuenta tanto las condicionantes antes mencionadas como las características del terreno y de los tramos existentes de Av. de Circunvalación, la ubicación de las propiedades privadas cercanas, FAdeA y áreas de uso militar, entre muchas otras más.

Para definir las curvas circulares y de transición se analizaron los parámetros mínimos y máximos dictados por la norma vigente, priorizando el objetivo de otorgar movilidad al usuario.

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

### **7.2.1. Rectas**

Sus propiedades se resumen en sentido y longitud. Para esta última, la Dirección Nacional de Vialidad establece valores máximos y mínimos en función de la velocidad directriz del camino.

Los máximos se limitan a 20 veces la velocidad de diseño, fundamentados en que, al ser las rectas totalmente predecibles, con una vista que aparece estática, pueden causar monotonía en el manejo y llevar a la combinación de fatiga y exceso de velocidad.

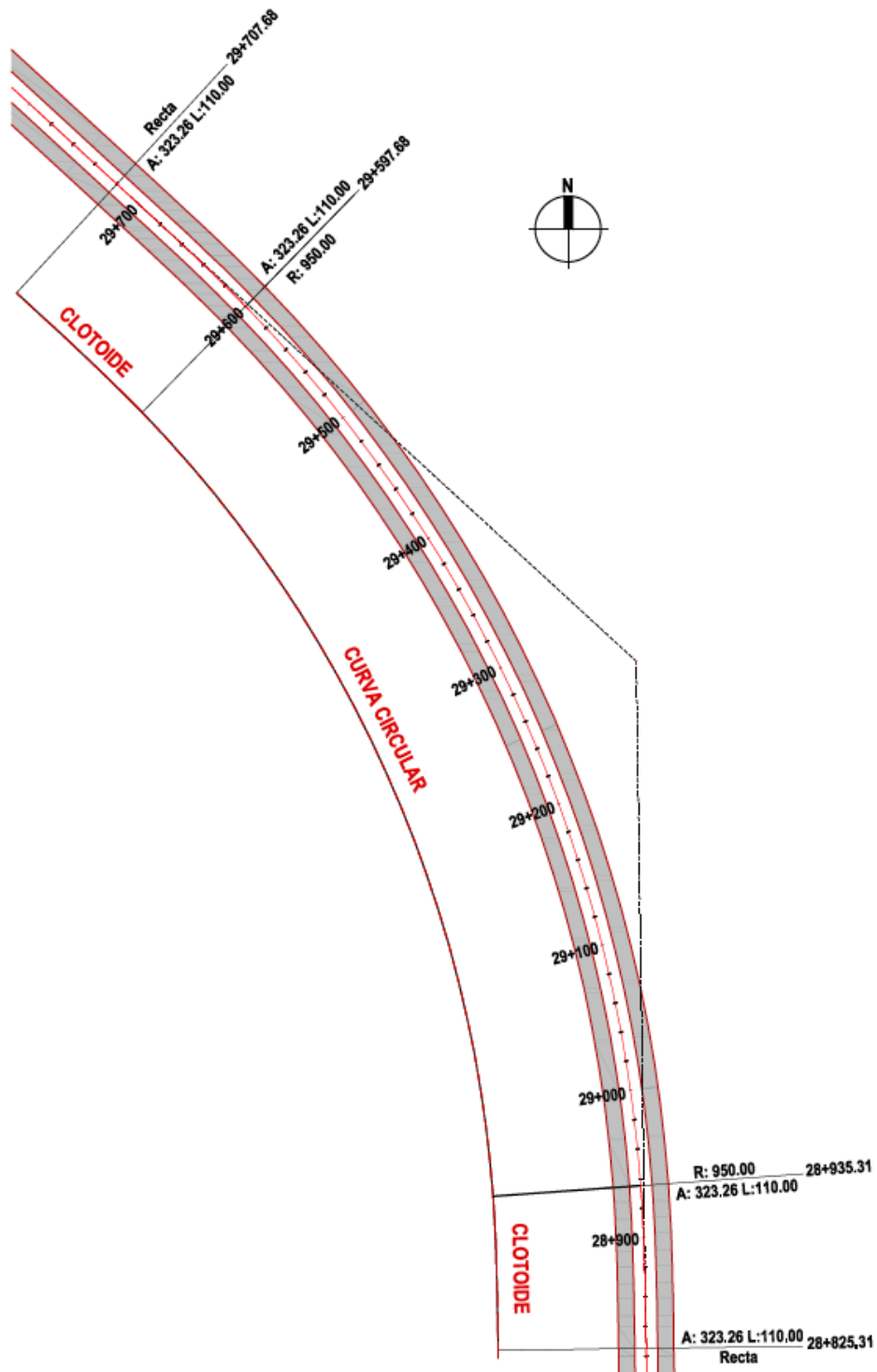
Por su parte, los mínimos se restringen entre curvas circulares próximas, sucesivas y del mismo sentido, donde es conveniente dejar un tramo recto para eliminar la insegura apariencia de espalda-quebrada (dos curvas sucesivas en el mismo sentido). En base a esto, no se permiten tramos rectos menores a 5 veces la velocidad directriz.

Para el anteproyecto de Av. de Circunvalación, los valores límites son 550 metros y 2.200 metros (recordando que su velocidad de diseño es 110 km/h) y no hubo inconveniente alguno para cumplir con esta condición.

### **7.2.2. Curvas Circulares**

Son arcos de círculo que se trazan entre las líneas rectas que forman la poligonal de base y las curvas del camino con el objetivo de que el cambio de dirección existente entre estos se efectúe de forma gradual. Sus propiedades son radio, ángulo de desviación y longitud.

En la Figura 7.4 se muestra una curva proyectada entre las Prg. 28+825,31 y 29+707,68, donde pueden observarse las referencias indicadas sobre el eje por la presencia de la misma.



**Figura 7.4: Esquema de una curva horizontal del proyecto.**

Cuando un vehículo transita por una curva, la variación en la dirección hace que actúe sobre él una fuerza centrífuga que puede provocar su deslizamiento lateral hacia el exterior.

Su magnitud depende de la velocidad de circulación ( $V$ ), del peso del vehículo ( $W$ ) del radio de la curva ( $R$ ) y de la aceleración de la gravedad ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ) de la siguiente manera:

$$F = \frac{W * V^2}{g * R} \quad (2)$$

Con el objetivo de evitar el descarrilamiento, para vías de altas velocidades, el criterio de proyecto de una curva circular es la oposición a esta fuerza.

En un principio se vale del peralte, es decir, de la inclinación transversal de la calzada con respecto al plano horizontal ( $\theta$ ), que genera una componente del peso en dirección opuesta a la fuerza centrífuga ( $W_p$ ). Este valor se expresa en porcentaje y es equivalente a la tangente del ángulo  $\theta$ .

Se adoptan valores máximos de peralte según distintos factores: condiciones topográficas (llanura o montaña), climáticas (zonas de heladas y nevadas) y de operación de los vehículos (zonas de bajas velocidades, intersecciones frecuentes, zonas suburbanas o urbanas). En el caso del eje principal del proyecto, en función de las condiciones del terreno (ondulado), el clima del lugar (heladas y nevadas poco frecuentes), el ámbito (urbano) y la frecuencia de vehículos lentos se adoptó un peralte máximo de 6%.

Estas limitaciones de orden práctico impuestas al aumento del peralte impiden compensar totalmente la fuerza centrífuga en las curvas cerradas. Cuando esto ocurre, la diferencia es resistida por la fuerza de rozamiento ( $F_{roz}$ ) que se desarrolla entre los neumáticos y el pavimento. Ésta es normal al plano de la calzada e 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 ( $f$ ).

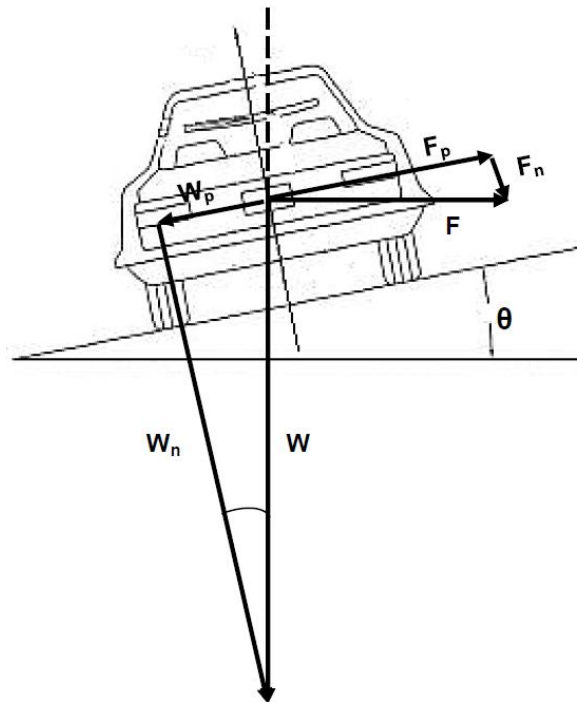
$$F_{roz} = (F_n + W_n) * f \quad (3)$$

El factor  $f$  depende de la velocidad del vehículo, el tipo, condición y peralte de la superficie del camino, y el tipo y estado de los neumáticos. El coeficiente de fricción transversal húmeda máxima ( $f_{m\acute{a}x}$ ) es el desarrollado en condiciones de inminente deslizamiento lateral del vehículo, con un razonable margen de seguridad. Su valor, para velocidades mayores a 80 km/h, se calcula como:

$$f_{m\acute{a}x} = 0,24 - \frac{V}{800} \quad (4)$$

Donde la velocidad  $V$  se expresa en km/h.

En base a esto, el valor determinado en el proyecto fue de 0,1025.  
 Todas las fuerzas actuantes se representan en la Figura 7.5.



**Figura 7.5: Fuerzas actuantes sobre un vehículo que circula por una curva horizontal.**

En síntesis, 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.

### 7.2.2.1. Radio Mínimo

Es el radio de giro que permite la máxima tasa de peralte admisible ( $e_{m\acute{a}x}$ ) y el máximo factor de fricción lateral permisible ( $f_{m\acute{a}x}$ ).

A partir de la Figura 5.5, y transformando el problema dinámico en estático, resulta:

$$R_{m\acute{i}n} = \frac{V^2}{127 * (0,01 * e_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{a}x})} \quad (5)$$

De la expresión se deduce que ante mayores velocidades (y, por ende, mayores fuerzas centrífugas) se requieren de radios más grandes para un mismo peralte máximo.

La AASHTO determinó, mediante una serie de estudios experimentales, coeficientes de fricción máximos, los cuales están definidos por criterio de confort y son al menos 5 veces más chicos que la fricción que puede tomar un vehículo. Utilizando estos valores, se asegura un margen de seguridad suficiente para la operación en curvas.

Con base en los factores de fricción máxima permitidos, la Tabla 7.1, extraída de la norma, muestra los valores de radio mínimo en función de la velocidad de diseño y del peralte máximo adoptado. Se señala la fila correspondiente a los valores del proyecto, 110 km/h y 6%, respectivamente.

**Tabla 7.1: Radio mínimo en función de valores límites de e y f.**

Metric						U.S. Customary					
Design Speed (km/h)	Maximum e (%)	Maximum f (%)	Total (e/100 + f)	Calculated Radius (m)	Rounded Radius (m)	Design Speed (mph)	Maximum e (%)	Maximum f (%)	Total (e/100 + f)	Calculated Radius (ft)	Rounded Radius (ft)
15	4.0	0.40	0.44	4.0	4	10	4.0	0.38	0.42	15.9	16
20	4.0	0.35	0.39	8.1	8	15	4.0	0.32	0.36	41.7	42
30	4.0	0.28	0.32	22.1	22	20	4.0	0.27	0.31	86.0	86
40	4.0	0.23	0.27	46.7	47	25	4.0	0.23	0.27	154.3	154
50	4.0	0.19	0.23	85.6	86	30	4.0	0.20	0.24	250.0	250
60	4.0	0.17	0.21	135.0	135	35	4.0	0.18	0.22	371.2	371
70	4.0	0.15	0.19	203.1	203	40	4.0	0.16	0.20	533.3	533
80	4.0	0.14	0.18	280.0	280	45	4.0	0.15	0.19	710.5	711
90	4.0	0.13	0.17	375.2	375	50	4.0	0.14	0.18	925.9	926
100	4.0	0.12	0.16	492.1	492	55	4.0	0.13	0.17	1186.3	1190
						60	4.0	0.12	0.16	1500.0	1500
15	6.0	0.40	0.46	3.9	4	10	6.0	0.38	0.44	15.2	15
20	6.0	0.35	0.41	7.7	8	15	6.0	0.32	0.38	39.5	39
30	6.0	0.28	0.34	20.8	21	20	6.0	0.27	0.33	80.8	81
40	6.0	0.23	0.29	43.4	43	25	6.0	0.23	0.29	143.7	144
50	6.0	0.19	0.25	78.7	79	30	6.0	0.20	0.26	230.8	231
60	6.0	0.17	0.23	123.2	123	35	6.0	0.18	0.24	340.3	340
70	6.0	0.15	0.21	183.7	184	40	6.0	0.16	0.22	484.8	485
80	6.0	0.14	0.20	252.0	252	45	6.0	0.15	0.21	642.9	643
90	6.0	0.13	0.19	335.7	336	50	6.0	0.14	0.20	833.3	833
100	6.0	0.12	0.18	437.1	437	55	6.0	0.13	0.19	1061.4	1060
110	6.0	0.11	0.17	560.4	560	60	6.0	0.12	0.18	1333.3	1330
120	6.0	0.09	0.15	755.9	756	65	6.0	0.11	0.17	1656.9	1660
130	6.0	0.08	0.14	950.5	951	70	6.0	0.10	0.16	2041.7	2040

En función de esto, se obtuvo un radio mínimo de 560 metros, lo cual pudo ser respetado en el proyecto sin inconvenientes.

La norma argentina indica que, en autopistas, se deben diseñar curvas de radios grandes y sólo utilizar los mínimos en condiciones restringidas. En Av. de Circunvalación – Tramo 1B, los valores de diseño resultaron mayores a 560 metros.

### 7.2.3. Transición entre Recta y Curva

Al enlazar directamente una recta con una curva circular se genera un cambio brusco en el trazado dado que, en el punto de tangencia, la curvatura se convierte desde cero en la recta, a un valor constante en la curva. Esto provoca que el conductor adopte instintivamente una trayectoria de curvatura variable que lo aparta del centro de su carril e incluso lo puede hacer invadir al adyacente, con el peligro que ello implica.



Para evitar este brusco cambio en la maniobra del usuario, se crean alineamientos de transición en los cuales se desarrolla el incremento de curvatura hasta obtener el valor de la misma que pertenezca a la curva circular.

La incorporación de estos elementos (entre recta y curva circular o entre dos curvas circulares) otorga el guiado óptico del conductor respecto a la trayectoria que debe seguir, a la vez que permite que un vehículo circulando a la velocidad de diseño se mantenga en el centro de su carril. Su uso se hace necesario por razones de seguridad, comodidad y estética.

Dicho esto, se utiliza el espiral tipo clotoide, en la cual la curvatura va desde cero al comienzo y toma valores proporcionales a la longitud de desarrollo. Con esta característica, un móvil que la recorre a velocidad constante experimenta una variación uniforme de la aceleración centrífuga en función de la longitud (o del tiempo).

Según AASHTO, existe una longitud de transición adecuada para el desarrollo de la clotoide de manera que el efecto de la fuerza centrífuga se genere gradualmente y la maniobra no sólo sea segura sino cómoda para el usuario. La misma es función de la velocidad ( $V$ ), del radio de curva ( $R$ ) y de la tasa de incremento de aceleración lateral (factor  $C$ ).

$$L = \frac{0,0214 * V^3}{R * C} \quad (6)$$

El valor de  $C$  es empírico y representa el confort y el nivel de seguridad que provee la curva espiral; se utiliza un  $C = 0,3 \text{ m/s}^3$  aceptado para la operación en rutas,  $L$  es la longitud mínima de espiral en metros,  $V$  es la velocidad en km/h y  $R$  el radio de curva en metros.

Para la velocidad directriz del proyecto (110 km/h), esta ecuación arrojó los valores que se muestran en la Tabla 7.2 (recorriendo el tramo en el sentido de las progresivas):

**Tabla 7.2: Longitudes de transición mínimas según AASHTO**

Curva	Progresiva Inicio	Radio [m]	$L_{\text{mín}}$ [m]
1	26+594,93	880	108,00
2	28+825,31	950	100,00
3	30+468,33	700	135,80
4	31+082,36	600	158,44
5	32+560,06	700	135,80

Esta zona de transición, necesaria tanto al comienzo como al final de una curva circular, se utiliza también para desarrollar el sobreecho correspondiente y para transformar la inclinación transversal de la calzada desde el bombeo normal al peralte deseado en la curva, evitando de esta forma peraltes en tramos rectos.

Existen variados criterios para determinar los valores característicos, dependiendo de que se quiera lograr con la incorporación de las mismas, ya sea guiado óptico, comodidad, desarrollo de peralte y/o sobreechos. La norma americana recomienda que el diseño de las transiciones incluya todos estos aspectos.

Los criterios adoptados para el diseño geométrico son 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 proveer 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.

Las curvas que poseen radios grandes no necesitan de transiciones dado que el cambio de curvatura no es tan brusco y la transición se da dentro de los límites del propio carril, sin peligro de invadir otro o perder trayectoria.

Una vez calculadas las longitudes mínimas mediante AASHTO, se aplicaron los criterios de la Dirección Nacional de Vialidad a modo de verificación. Ésta plantea tres criterios de cálculo, debiendo elegir el valor que resulte mayor. Los mismos se desarrollan a continuación:

- Criterio de comodidad: la longitud mínima necesaria está dada por la función de Shortt (1909)

$$L_{mín} = \frac{V^3}{28 * R} \quad (7)$$

Esta ecuación es la misma citada por AASHTO pero con la diferencia de que el valor adoptado para el factor C es de 0,6 m/s<sup>3</sup>, por lo que es evidente que sus valores resultan de la mitad. Los mismos se muestran en la Tabla 7.3.

**Tabla 7.3: Longitudes de transición mínimas según criterio de comodidad.**

Curva	Progresiva Inicio	Radio [m]	$L_{\min}$ [m]
1	26+594,93	880	54,00
2	28+825,31	950	50,00
3	30+468,33	700	67,90
4	31+082,36	600	79,22
5	32+560,06	700	67,90

- Criterio de apariencia general: plantea que la transición debe tener una longitud tal que un vehículo marchando a la velocidad directriz, tarde 2 segundos aproximadamente en recorrerla.

$$L_{\min} = \frac{V}{1,8} \geq 30 \text{ metros} \quad (8)$$

Para el proyecto, este valor resultó de 61 metros.

- Criterio de apariencia de borde: por experiencia se sabe que las pendientes relativas máximas de 0,8% a 0,35% en función de la velocidad proveen desarrollos de peraltes con buena apariencia de borde para velocidades entre 20 km/h y 130 km/h.

La longitud del desarrollo del peralte en metros (Des) es:

$$L_{\min} = Des = \frac{c * e}{i_b} \quad (9)$$

$$L_{\min} = Des = \frac{c.e}{i_b} \quad (9)$$

Donde  $c$  es el ancho del carril en metros,  $i_b$  la pendiente relativa del borde respecto del eje de rotación en % y  $e$  el peralte, también en %.

$$i_b = 0,85 - \frac{V}{253} \quad (10)$$

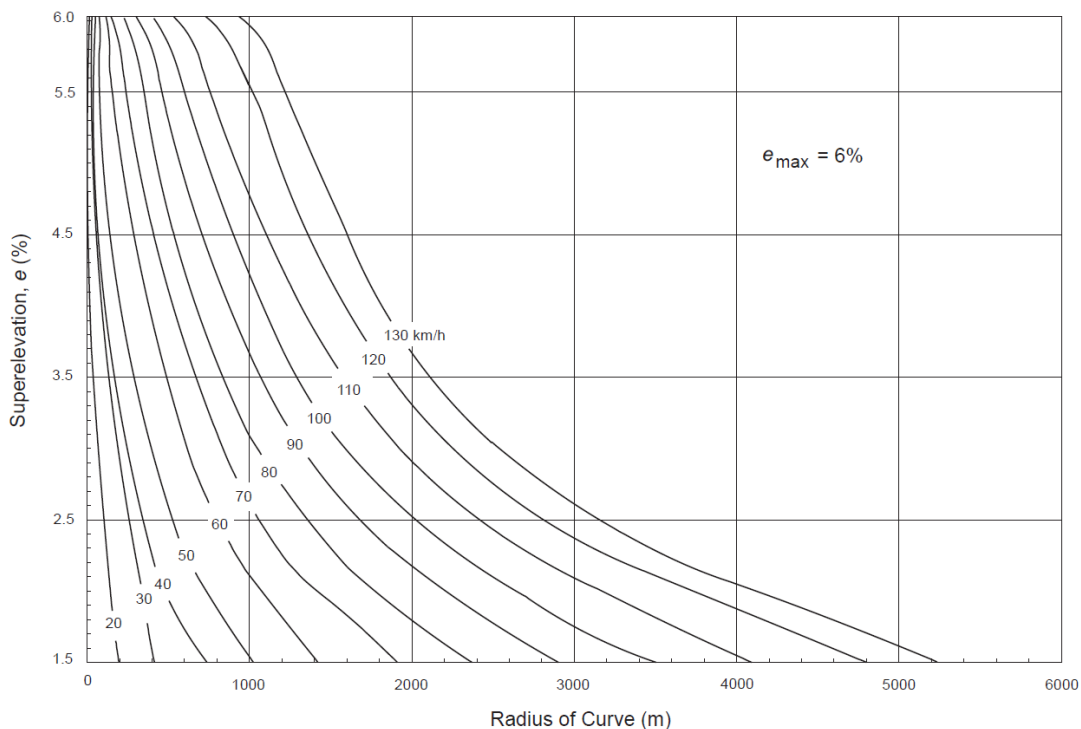
En función de este criterio, para el proyecto, la longitud mínima de transición resultó de 52,7 metros.

### 7.2.3.1. Desarrollo del Peralte

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.

Los valores de peralte para cada una de las curvas se obtienen del gráfico, extraído de la norma AASHTO, que se muestra en la Figura 7.6. Se utiliza el correspondiente a peralte máximo de 6% (por ser así en el proyecto) y se ingresa al mismo con el radio de curva y la velocidad directriz.

Puede notarse que mayores radios requieren valores menores de peralte. Esto es así porque la fuerza centrífuga es inversamente proporcional al radio de curva.



**Figura 7.6: Grafico Valores para diseño de peralte según Radio de Curva para peralte máximo 6%. Fuente: AASHTO.**

Hay tres métodos de transición del peralte según sea la línea elegida como eje de rotación de las calzadas: eje central, borde interior o borde exterior. En este proyecto se utilizó el método de transición alrededor del borde interno de las calzadas.

Por razones de seguridad y confort, la rotación de la calzada en dicha longitud de transición debe ser imperceptible para los conductores. Atendiendo a esto, AASHTO establece valores máximos de gradiente relativo para la pendiente transversal de la calzada en función de la velocidad de diseño, tal como se muestra en la Tabla 4.1.

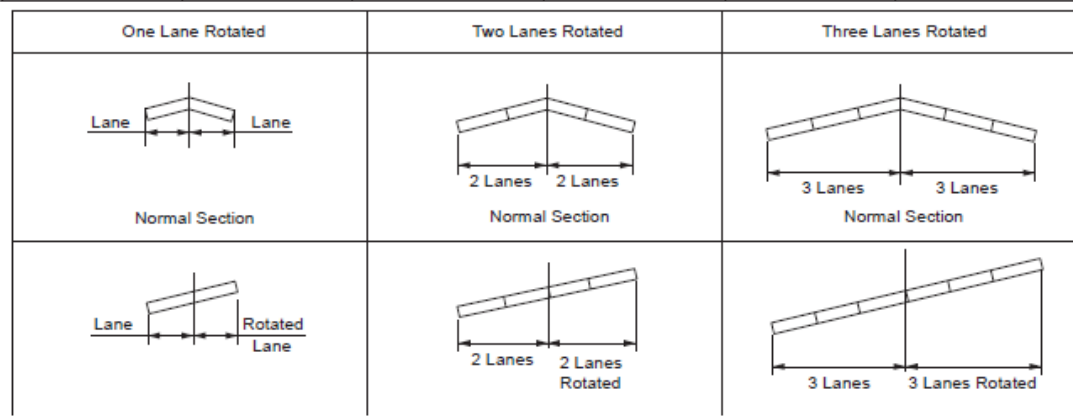
**Tabla 7.4: Gradientes relativos máximos. Fuente: AASHTO.**

Metric			U.S. Customary		
Design Speed (km/h)	Maximum Relative Gradient (%)	Equivalent Maximum Relative Slope	Design Speed (mph)	Maximum Relative Gradient (%)	Equivalent Maximum Relative Slope
20	0.80	1:125	15	0.78	1:128
30	0.75	1:133	20	0.74	1:135
40	0.70	1:143	25	0.70	1:143
50	0.65	1:154	30	0.66	1:152
60	0.60	1:167	35	0.62	1:161
70	0.55	1:182	40	0.58	1:172
80	0.50	1:200	45	0.54	1:185
90	0.47	1:213	50	0.50	1:200
100	0.44	1:227	55	0.47	1:213
110	0.41	1:244	60	0.45	1:222
120	0.38	1:263	65	0.43	1:233
130	0.35	1:286	70	0.40	1:250
			75	0.38	1:263
			80	0.35	1:286

Para la velocidad de diseño del eje principal del proyecto, 110 km/h, el gradiente máximo es de 0,41%. Sin embargo, la misma normativa plantea aumentar este valor cuando el número de calzadas que rotan es mayor a uno como en el proyecto. En tales casos, se aplica un factor de ajuste que toma un valor de 0,67 cuando rotan 3 carriles, tal como puede observarse en la Tabla 7.5.

**Tabla 7.5: Factores de ajuste para gradientes máximos relativos.**

Metric			U.S. Customary		
Number of Lanes Rotated, $n_1$	Adjustment Factor,* $b_w$	Length Increase Relative to One-Lane Rotated, $(= n_1 b_w)$	Number of Lanes Rotated, $n_1$	Adjustment Factor,* $b_w$	Length Increase Relative to One-Lane Rotated, $(= n_1 b_w)$
1	1.00	1.0	1	1.00	1.0
1.5	0.83	1.25	1.5	0.83	1.25
2	0.75	1.5	2	0.75	1.5
2.5	0.70	1.75	2.5	0.70	1.75
3	0.67	2.0	3	0.67	2.0
3.5	0.64	2.25	3.5	0.64	2.25



$$* b_w = [1 + 0.5 (n_1 - 1)] / n_1$$

Se divide el valor extraído de la tabla anterior (0,41%) por este factor (0,67%). De este modo, el gradiente de borde máximo para el proyecto resultó de 0,61%.

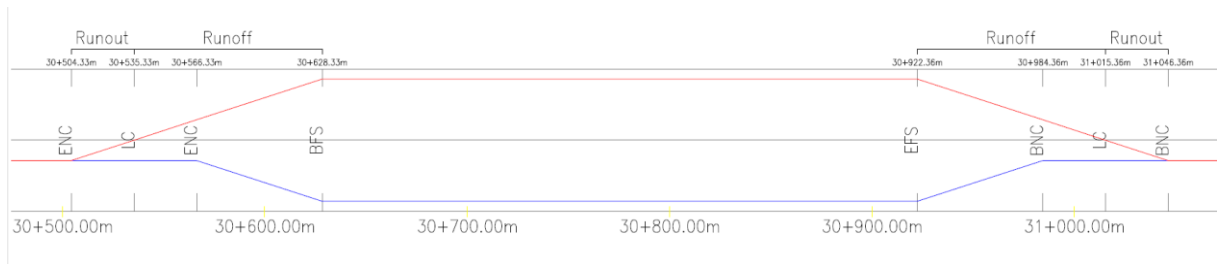
La longitud de transición necesaria con el peralte correspondiente a cada curva se calcula con este factor, a través de la siguiente fórmula:

$$L_t = \frac{e * w}{\Delta} \tag{11}$$

Donde  $e$  es el peralte,  $w$  el ancho de la calzada (10,95 metros para Av. de Circunvalación – Tramo 1B) y  $\Delta$ , el gradiente de borde máximo (0,61%).

Así se obtuvo un valor de 107,70 metros para las curvas del proyecto (por tener peraltes del 6%).

En la Figura 7.7 se muestra, como ejemplo, uno de los planos de planialtimetrías del eje principal, en donde la información de la altimetría incluye el diagrama de peraltes adoptado para el proyecto, con los valores correspondientes en función del progresivado. La línea de color rojo representa la variación del extremo derecho y la línea de color azul, la variación del extremo izquierdo de la calzada.

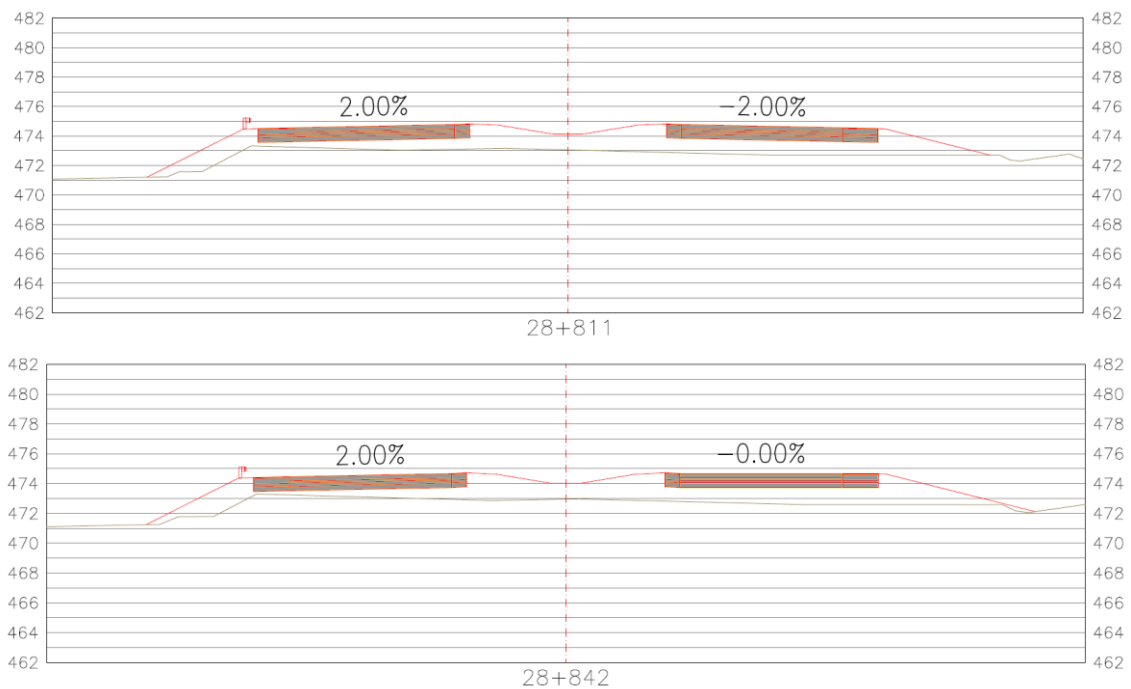


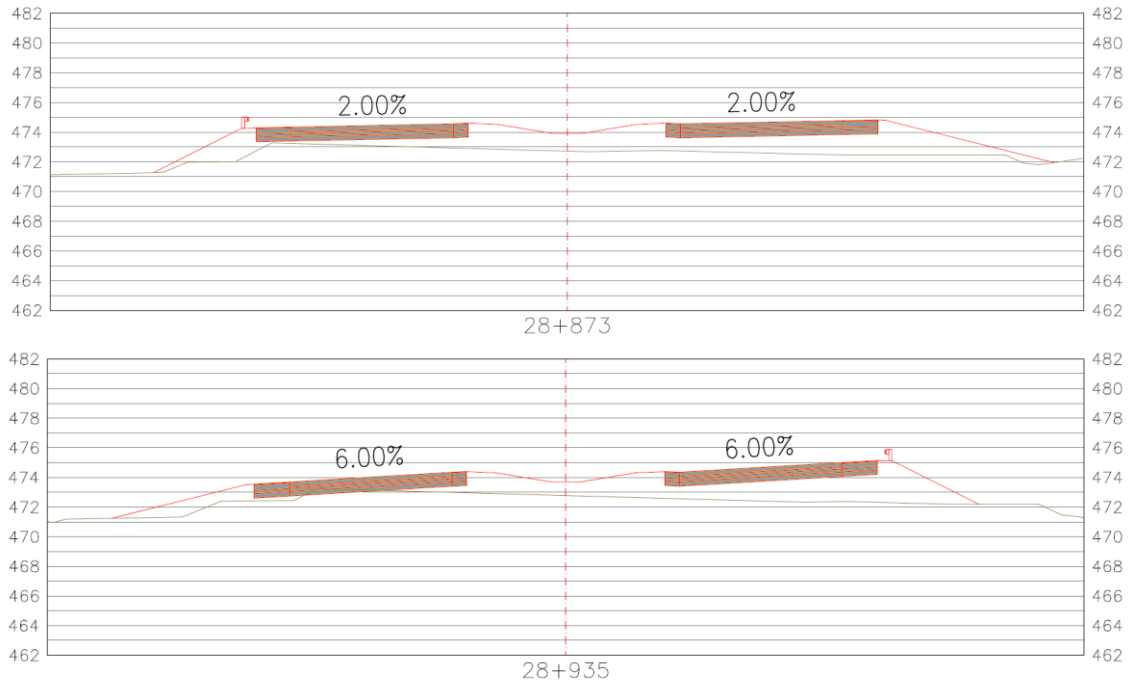
**Figura 7.7: Ejemplo de Diagrama de Peralte de curva horizontal proyectada.**

Muchas curvas horizontales con valores amplios no necesitan ser peraltadas, ya que al ser una curva amplia el factor de fricción necesario para sostener la aceleración lateral es muy pequeño. La AASHTO ofrece valores máximos de radios de curva, luego de los cuales el desarrollo de un peralte es innecesario. Se pueden visualizar estos valores máximos en la Figura 7.6, 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 7.500 metros.

En la Figura 7.8 se presentan los perfiles transversales del eje principal entre las Prg. 28+811 y 28+835, a fines de mostrar la secuencia de la transición de peralte de la curva diseñada en ese tramo.





**Figura 7.8: Variación del peralte.**

### 7.2.3.2. Longitudes de transición

Las longitudes de transición finalmente adoptadas en el proyecto se muestran en la Tabla 7.6.

**Tabla 7.6: Longitudes de transición adoptadas.**

Curva	Progresiva Inicio	Radio [m]	L <sub>mín</sub> [m]	L adoptada [m]
1	26+594,93	880	108,00	160
2	28+825,31	950	100,00	110
3	30+468,33	700	135,80	160
4	31+082,36	600	158,44	160
5	32+560,06	700	135,80	160

Los valores mínimos no han podido ser respetados en todos los casos por las limitaciones de espacio que se presentan, al ser una zona urbanizada.



### **7.3. ALTIMETRÍA**

El alineamiento vertical o rasante está compuesto por pendientes y curvas verticales. Es el desarrollo del eje del camino en altura, es decir, la cota Z del mismo.

Se define a través de una combinación de rectas y curvas planteadas en un perfil longitudinal que se forma con la intersección del eje en planta y el terreno.

Determina no sólo la trayectoria de un vehículo en altura sino también el volumen de movimiento de suelos y las condiciones hidráulicas del camino. Asimismo, debe permitir que las maniobras de los vehículos sean seguras y cómodas para que el conductor viaje a la velocidad de diseño. Los acuerdos verticales deben dimensionarse de modo que respeten la visibilidad mínima para asegurar una operación sin riesgos.

#### **7.3.1. Rasante**

La rasante de un camino es una línea que representa en un plano las elevaciones de la línea de referencia de la calzada. En el proyecto, por ser un camino de calzada dividida con mediana ancha, esta línea es representada por el borde interno de cada calzada.

Por razones prácticas de diseño, cálculo, replanteo y construcción, está conformada por una serie de líneas rectas conectadas por curvas verticales de simple expresión analítica, parábolas simétricas.

En su trazado, se pueden distinguir dos características principales, forma y posición (altura respecto al perfil natural del terreno). Ambas se definen simultáneamente teniendo en cuenta diferentes factores, entre los que se destacan la topografía y el tránsito. Este último, por su magnitud, jugó un rol preponderante en la definición de parámetros altimétricos para Av. de Circunvalación – Tramo 1B. La gran cantidad de vehículos que utilizará la vía (reflejados en el T.M.D.A. futuro) exigió el diseño de curvas suaves y tendidas.

Además, un aspecto de significancia en el proyecto fue la presencia de cruces con otras vías y ferrocarriles, los cuales se constituyeron como puntos de control, condicionando el trazado en altura de la rasante.

#### **7.3.2. Pendientes Máximas y Mínimas**

La pendiente del camino influye en la operación de los vehículos, especialmente en camiones. En una subida, la pérdida de velocidad no debe ser tal que perjudique la maniobra de los conductores ni los aleje demasiado de la velocidad de diseño. Lo contrario ocurre en las bajadas, donde las velocidades son más altas que en un tramo horizontal.

El valor mínimo de pendiente es función del drenaje, 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, 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, la cual debe respetar un valor mínimo para lograr el escurrimiento rápido y seguro del agua sobre la superficie de rodadura.

El valor máximo depende de la velocidad directriz, de la topografía y de la categoría de la vía. Mientras más elevada es esta última, 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 del flujo vehicular es mayor, afectando de manera directa la velocidad de circulación, lo cual es cada vez menos aceptable cuando en la funcionalidad de la vía es prevaeciente la movilidad.

Para obtener la operación deseada y que el diseño de la rasante sea eficiente, no sólo debe establecerse la pendiente máxima sino la longitud de la misma. Existe una longitud crítica que representa la longitud máxima de una pendiente en subida sobre la cual un camión puede manejar sin que se produzca una reducción de velocidad excesiva.

Para el proyecto de Av. de Circunvalación – Tramo 1B, debido a que el terreno donde se emplaza es de tipología ondulado y la vía es una autopista, la pendiente máxima permitida por norma es de 4%, lo cual no representa un gran condicionante, pudiéndose adaptar la rasante al terreno sin mayores inconvenientes, minimizando de esta forma el movimiento de suelo.

Respecto a la pendiente mínima utilizada, el valor fue del 0,3%, siempre evaluándola junto con la inclinación transversal de las calzadas para garantizar un correcto drenaje superficial, prestando especial atención a este punto en zonas de transición de peralte.

Debe considerarse que, aunque la rasante satisfaga todos los controles de diseño, si se aplican criterios mínimos puede parecer forzada y quebrada. En las autopistas, conviene utilizar valores superiores a estos para producir una altimetría más segura y estéticamente agradable.

### 7.3.3. Curvas Verticales

Las curvas verticales se utilizan para lograr una transición gradual entre dos rectas con diferentes pendientes, suavizando el quiebre existente entre ellas.

El ángulo de deflexión entre dos rasantes que se cortan queda definido por la expresión:

$$\Delta_i = (i_1 - i_2) \quad (12)$$

Es decir,  $\Delta_i$  es el valor de la diferencia algebraica de las pendientes de entrada y salida, expresadas en m/m. Según sea positiva o negativa la curva es cóncava o convexa, respectivamente.

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 tienen 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.

Para mayor simplicidad, 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.

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

$$L_v = 2T = K * \Delta_i = K * (i_1 - i_2) \quad (13)$$

Donde  $K$  es el parámetro de curva vertical y  $2T$ , la proyección horizontal de las tangentes a la curva de enlace.

De acuerdo con distintos criterios, la normativa argentina limita la longitud de las curvas verticales, estableciendo que debe ser, como mínimo, el mayor de los siguientes valores:

- Seguridad de Operación (DVD):

$$L_{mín}[m] = K * \Delta_i * F_{im} \quad (14)$$

Donde  $F_{im}$  es un factor de corrección que se obtiene de tabla en función de  $i_m$ .

$$i_m = \frac{(i_1 + i_2)}{2} \quad (15)$$

- Apariencia Estética de la Rasante: para que la curva vertical parezca una curva y no un quiebre:

$$L_{mín} [m] = V [km/h] \quad (16)$$

- $K$  mínimo: independientemente de  $V$  se adopta  $K \geq 4m/\%$
- Comodidad de los viajeros (Aceleración centrífuga vertical)
- Drenaje superficial ( $i \geq 0,35\%$  a 15 metros del vértice)

La normativa estadounidense establece que se puede prescindir de estas cuando la deflexión entre las rasantes a vincular sea demasiado pequeña, es decir, toda vez que la deflexión  $\Delta i$  es menor que  $0,5\% = 0,005$  m/m, ya que la discontinuidad es imperceptible para el usuario. Por su parte, la Dirección Nacional de Vialidad permite no utilizarlas cuando  $\Delta i \leq 40/V$ , siendo  $V$  la velocidad directriz del proyecto (para velocidades mayores a 80 km/h).

Las curvas verticales empleadas en el proyecto tienen radios de curvatura más grandes que los radios correspondientes al diseño planimétrico, por lo que la curvatura y la aceleración centrífuga vertical son pequeñas.

#### **7.3.3.1. Curvas Convexas:**

Específicamente, el criterio adoptado para el diseño de curvas convexas se basó en considerar la distancia de visibilidad de parada respecto un obstáculo fijo situado sobre la calzada. 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 que representa la curvatura en cada punto de la curva, para cada velocidad de proyecto y de esta forma se cumple con la condición de visibilidad, que resulta satisfactoria desde el punto de vista de la seguridad, el confort y la apariencia.

Atendiendo a esto, se estableció un K para cada velocidad de diseño de modo de cumplir con la condición de visibilidad determinada por la AASHTO.

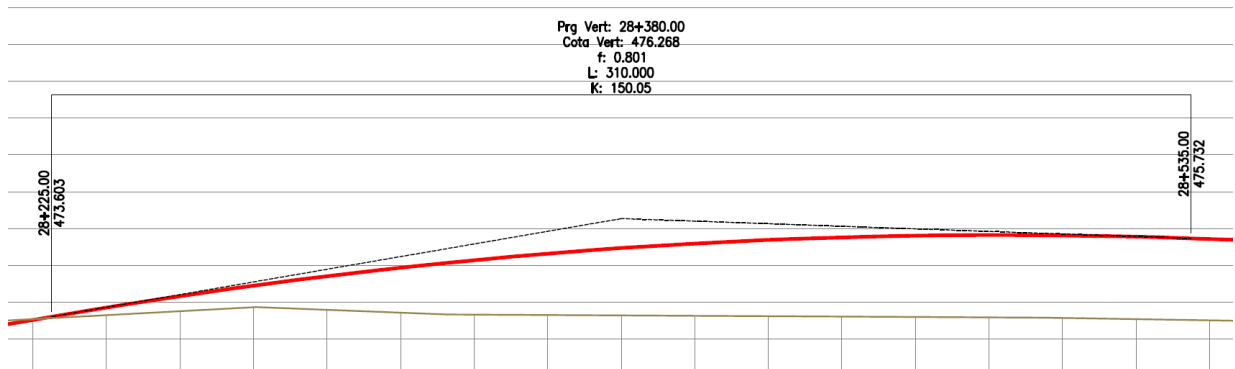
En el caso de la velocidad de proyecto para eje principal (110 km/h), el valor de K determinado fue de 74, de acuerdo a la Tabla 7.7.

**Tabla 7.7: Control de diseño con Distancia de frenado en curvas verticales. Fuente: AASHTO.**

Metric				US Customary			
Design speed (km/h)	Stopping sight distance (m)	Rate of vertical curvature, K <sup>a</sup>		Design speed (mph)	Stopping sight distance (ft)	Rate of vertical curvature, K <sup>a</sup>	
		Calculated	Design			Calculated	Design
20	20	0.6	1	15	80	3.0	3
30	35	1.9	2	20	115	6.1	7
40	50	3.8	4	25	155	11.1	12
50	65	6.4	7	30	200	18.5	19
60	85	11.0	11	35	250	29.0	29
70	105	16.8	17	40	305	43.1	44
80	130	25.7	26	45	360	60.1	61
90	160	38.9	39	50	425	83.7	84
100	185	52.0	52	55	495	113.5	114
110	220	73.6	74	60	570	150.6	151
120	250	95.0	95	65	645	192.8	193
130	285	123.4	124	70	730	246.9	247
				75	820	311.6	312
				80	910	383.7	384

<sup>a</sup> Rate of vertical curvature, K, is the length of curve per percent algebraic difference in intersecting grades (A).  $K = L/A$

En la Figura 7.9, se muestra, a modo de ejemplo, cómo se representó en los planos una curva vertical convexa proyectada en la Prg. 28+380. La línea roja corresponde a la rasante y la marrón, al terreno natural.



**Figura 7.9: Ejemplo curva vertical convexa proyectada.**

### 7.3.3.2. **Curvas Cóncavas:**

Existen por lo menos 4 criterios diferentes para definir el diseño de las curvas cóncavas.

- La distancia de visibilidad se limita en horario nocturno ya que está definida por el alcance de las luces de los autos al operar en estas curvas. Se definen parámetros K límites para una maniobra segura bajo este condicionante.
- La suma de la fuerza de gravedad y la fuerza centrífuga propia de la operación de la curva en el cambio de dirección vertical pueden provocar un efecto de incomodidad al usuario, por lo tanto, debe existir una longitud de curva suficiente para apaciguar dicho efecto en función de la velocidad, del cambio de pendiente y del ángulo típico de iluminación de las luces del vehículo. Dicha longitud resulta menor a la longitud mínima para cumplir con la condición de visibilidad nocturna.
- Cuando la forma de la curva no permite la evacuación de agua de forma natural, es decir que forma un cuenco, se debe tener atención ya que representan bajos en la rasante donde se deben implementar obras de drenaje. Asimismo, se deben evitar dicho tipo de curvas en secciones tipo “cajón” (secciones en corte).
- Para generar una buena apariencia de la curva se establece la regla de la mínima longitud igual a  $30 \Delta i$  ( $K=30$ ).

En el proyecto, el criterio adoptado para definir el diseño de las curvas cóncavas fue el más desfavorable que podía presentarse y se basó 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). La distancia requerida para lograr la maniobra de frenado depende directamente de la velocidad con la cual circula el vehículo.

La norma expresa que utilizar 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, asegurando una pendiente transversal adecuada y suficiente para evacuar el agua 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 Tabla 7.8, extraída de la AASHTO, se presentan los valores de diseño de K recomendados para cada velocidad directriz, resultando 55 el correspondiente al proyecto.

**Tabla 7.8: Control de diseño con para curvas verticales cóncavas. Fuente: AASHTO.**

Metric				US Customary			
Design speed (km/h)	Stopping sight distance (m)	Rate of vertical curvature, K <sup>a</sup>		Design speed (mph)	Stopping sight distance (ft)	Rate of vertical curvature, K <sup>a</sup>	
		Calculated	Design			Calculated	Design
20	20	2.1	3	15	80	9.4	10
30	35	5.1	6	20	115	16.5	17
40	50	8.5	9	25	155	25.5	26
50	65	12.2	13	30	200	36.4	37
60	85	17.3	18	35	250	49.0	49
70	105	22.6	23	40	305	63.4	64
80	130	29.4	30	45	360	78.1	79
90	160	37.6	38	50	425	95.7	96
100	185	44.6	45	55	495	114.9	115
110	220	54.4	55	60	570	135.7	136
120	250	62.8	63	65	645	156.5	157
130	285	72.7	73	70	730	180.3	181
				75	820	205.6	206
				80	910	231.0	231

<sup>a</sup> Rate of vertical curvature, K, is the length of curve (m) per percent algebraic difference intersecting grades (A).  $K = L/A$

En la Figura 7.10, se muestra, a modo de ejemplo, cómo se representó en planos una curva vertical cóncava proyectada en la Prg. 27+820. La línea roja corresponde a la rasante, y la marrón, al terreno natural.

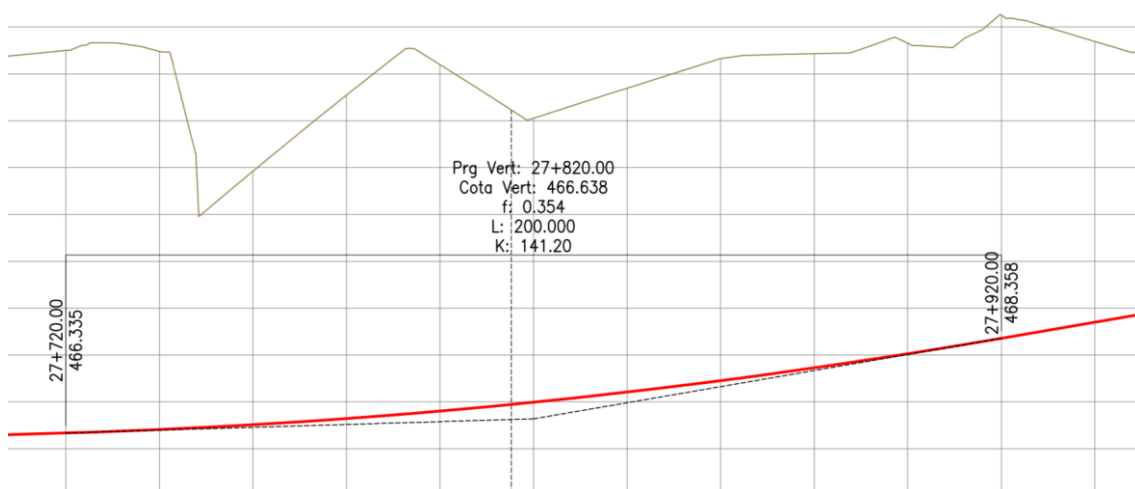


Figura 7.10: Ejemplo curva vertical cóncava proyectada.

#### 7.4. CURVAS VERTICALES DEL PROYECTO

A continuación, en la Tabla 7.9, se detallan las curvas verticales proyectadas para el eje principal de Av. de Circunvalación – Tramo 1B, con sus respectivos parámetros característicos.

Tabla 7.9: Curvas Verticales del Proyecto.

Curva	Progresiva Vértice	Cota Vértice	Tipo de Curva	k(m/%)	L(m)
1	27+820,00	466,64	Cóncava	141,20	200,00
2	28+380,00	476,27	Convexa	150,05	310,00
3	29+115,00	473,72	Cóncava	95,10	110,00
4	29+885,00	479,96	Convexa	120,20	444,56
5	30+233,63	469,9	Cóncava	64,11	247,33
6	30+567,54	473,14	Cóncava	64,33	107,89
7	31+845,00	506,96	Convexa	120,10	530,00

#### 7.5. PARÁMETROS DE DISEÑO PLANIALTIMÉTRICOS

Concluido el desarrollo de los parámetros utilizados para el diseño del eje en planta y de la rasante en vertical, 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.

- Velocidad de Diseño: 110 km/h
- Peralte Máximo: 6 %



- Radio Mínimo: 560 m
- Clotoide: 107,70 m
- Pendiente Máxima: 4 %
- Parámetro Mínimo Curvas Verticales Cóncavas: 55 m/% (1300 m)
- Parámetro Mínimo Curvas Verticales Convexas: 74 m/% (700 m)



## CAPÍTULO 8

---

CONCLUSIONES

## **CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES**

A continuación, cumplimentada la Práctica Supervisada descrita en el presente informe y con el objetivo de resaltar la importancia de su desarrollo, se distinguen distintas conclusiones, las cuales se enfocan por un lado, a aspectos técnicos y por otro las que nacen a partir de apreciaciones personales.

Las primeras surgen una vez finalizado el anteproyecto del cierre de la Av. de Circunvalación Agustín Tosco correspondiente al tramo desde los puentes existentes sobre Arroyo La Cañada hasta proximidades de la intersección con Av. Santa Ana. Allí se evidenció la importancia de la etapa de relevamiento y recopilación de información en donde se analizan los condicionantes del terreno y las características del ámbito para decidir sobre la ubicación óptima de la traza.

El empleo de softwares, principalmente AutoCAD Civil 3D, permitió agilizar y facilitar el proceso de diseño, posibilitando comprender la gran cantidad de herramientas que ofrecen y los beneficios de su uso.

La consulta a las diferentes normativas, particularmente a la norma americana AASHTO, sirvió para aprender a manejar la estructura de dicho documento y aplicarla a un caso concreto.

El uso de imágenes satelitales resultó de suma utilidad para tener un primer acercamiento a la zona de forma rápida y sencilla, trabajando en gabinete, así como para observar detalles que fueron surgiendo en el proceso de diseño. Sin embargo, se entendió que se hace inevitable tener contacto real con el sector mediante visitas a campo.

Se comprendió que la etapa de diseño es un proceso iterativo en donde se deben tratar el eje en planta y la rasante del mismo de forma simultánea, modificando uno en consecuencia del otro.

El desarrollo del proyecto requirió no sólo el análisis de parámetros viales, sino que fueron relevantes aspectos económicos, ambientales, sociales y geológicos para obtener un diseño completo y eficiente para los usuarios de la vía y los habitantes del lugar.

Se destaca la importancia de haber trabajado de manera conjunta con quienes analizaron y proyectaron los aspectos hidrológicos e hidráulicos de la zona de camino, entendiendo que una obra de estas características modifica la red de escurrimiento natural, lo cual puede acarrear consecuencias de magnitud si no es correctamente tratado.

Asimismo, se comprendió que un proyecto de esta envergadura se resuelve con el aporte de varias disciplinas trabajando en forma conjunta, retroalimentándose entre sí y se experimentó la importancia de las relaciones entre los distintos partícipes en el desarrollo del proyecto; la comunicación debe ser clara y continua para que, en cada

etapa del diseño, se expresen las expectativas y necesidades de cada parte con respecto a su rol en la ejecución del mismo.

En este proyecto en particular, quedó en evidencia que el no haber ejecutado la obra en el momento que fue ideada y proyectada (hace más de 40 años), trajo como consecuencia nuevos condicionantes producto de la ocupación del territorio en el sector, dada por el crecimiento poblacional y la expansión de la ciudad. Además, significó adecuar el proyecto a los tramos existentes. Por otro lado, las características de la demanda, en cuanto a cantidad y composición, cambiaron respecto a las de varias décadas atrás.

En lo que refiere a la experiencia personal, el desarrollo de la Práctica Supervisada fue sumamente útil para comprender, desde el interior del equipo de trabajo, cómo funciona el proceso de diseño de un proyecto vial.

Significó la oportunidad de aplicar e incrementar los conceptos adquiridos durante la carrera y de formar parte de un grupo de trabajo en donde se aprendió no sólo conceptos técnicos sino el significado de trabajar en equipo, relacionarse con profesionales y personas integrantes del proyecto y las responsabilidades que ello implica.

Finalmente, se puede concluir que los objetivos planteados al comienzo fueron satisfactoriamente cumplidos. La experiencia laboral aportó a la formación profesional y personal, cerrando un ciclo como estudiante y dando lugar a la etapa del ejercicio profesional.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

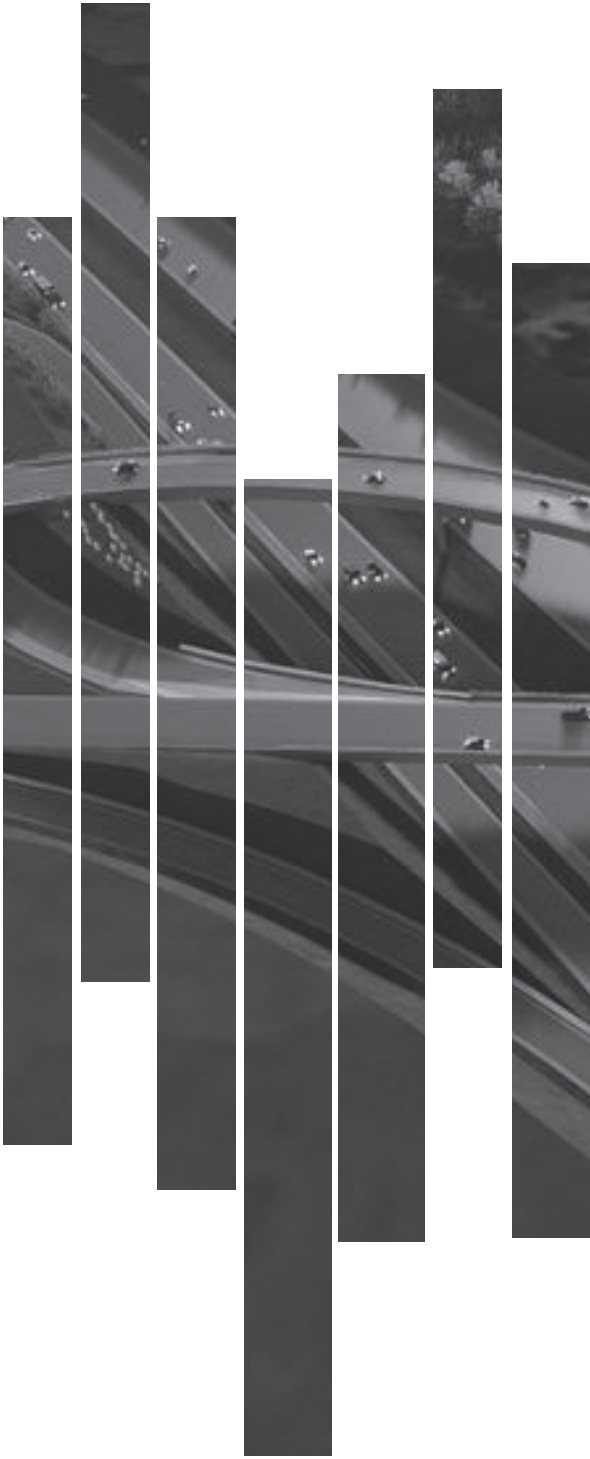
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### *Libros de consulta:*

- [1] Administración Nacional de Aviación Civil, (2.013), *Manual de Aeródromos de la República Argentina*, Argentina.
- [2] Administración Nacional de Aviación Civil, (2.015), *Manual de Aeródromos y Helipuertos*, Argentina.
- [3] AGENCIA CÓRDOBA D.A.C. y T, (2.003), *Regiones Naturales de la Provincia de Córdoba*.
- [4] American Association of State Highway and Transportation Officials (ASSHTO), (2.011), *A Policy on geometric Design of highways and streets*, Washington, Estados Unidos.
- [5] Berardo María G., Baruzzi Alejandro, Vanoli Gustavo, Freire Rodolfo, Tartabini Mauro, (2.015), *Manual de Diseño Geométrico Vial – Tomo I*, 1a Edición.
- [6] Berardo María G., Baruzzi Alejandro, Vanoli Gustavo, Freire Rodolfo, Tartabini Mauro, (2.009), *Principios de Diseño Geométrico Vial – Tomo II*, 1a Edición.
- [7] Dirección Nacional de Vialidad, (2.010), *Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*, Argentina.
- [8] Transportation Research Board, (2.010), *Highway Capacity Manual 2010*, 5ta Edición.

### *Páginas web:*

- [9] Dirección Nacional de Vialidad, (2.015), [http://transito.vialidad.gov.ar:8080/web\\_ns/metodologia.jsp](http://transito.vialidad.gov.ar:8080/web_ns/metodologia.jsp), Abril 2.017.
- [10] Dirección Nacional de Vialidad, (2.016), [http://transito.vialidad.gob.ar:8080/SeICE\\_WEB/intro.html](http://transito.vialidad.gob.ar:8080/SeICE_WEB/intro.html), Abril 2017.
- [11] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina, (2.010), <http://www.indec.gob.ar>, Marzo 2.017.
- [12] Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, (2.016), <https://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas>, Marzo 2.017.
- [13] Wikipedia, (2.017), [https://es.wikipedia.org/wiki/Ruta\\_Nacional\\_A019\\_\(Argentina\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Ruta_Nacional_A019_(Argentina)), Marzo 2.017.



ANEXOS



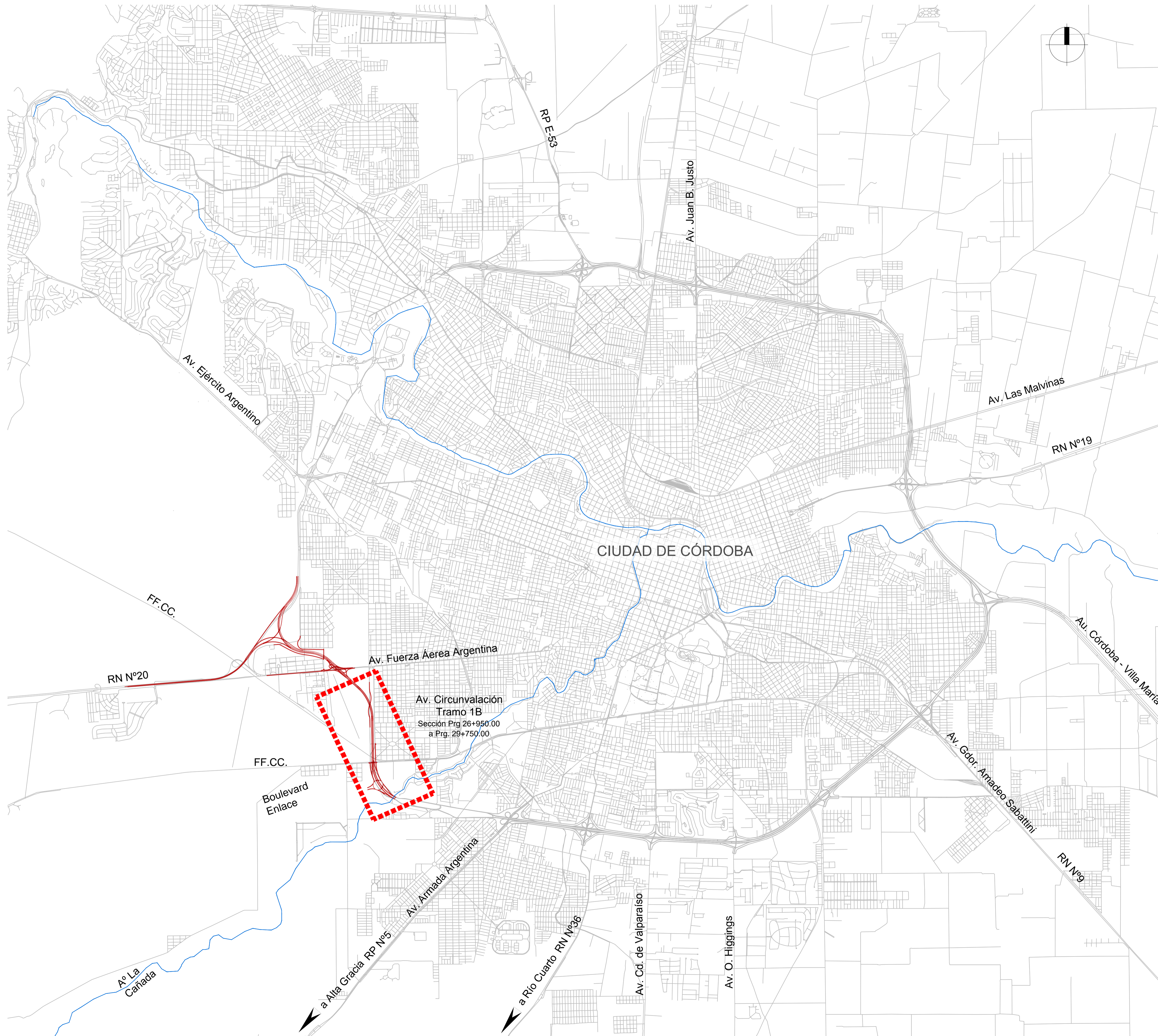
# PLANOS SECCIÓN 1

Progresivas 26+950 a 29+750

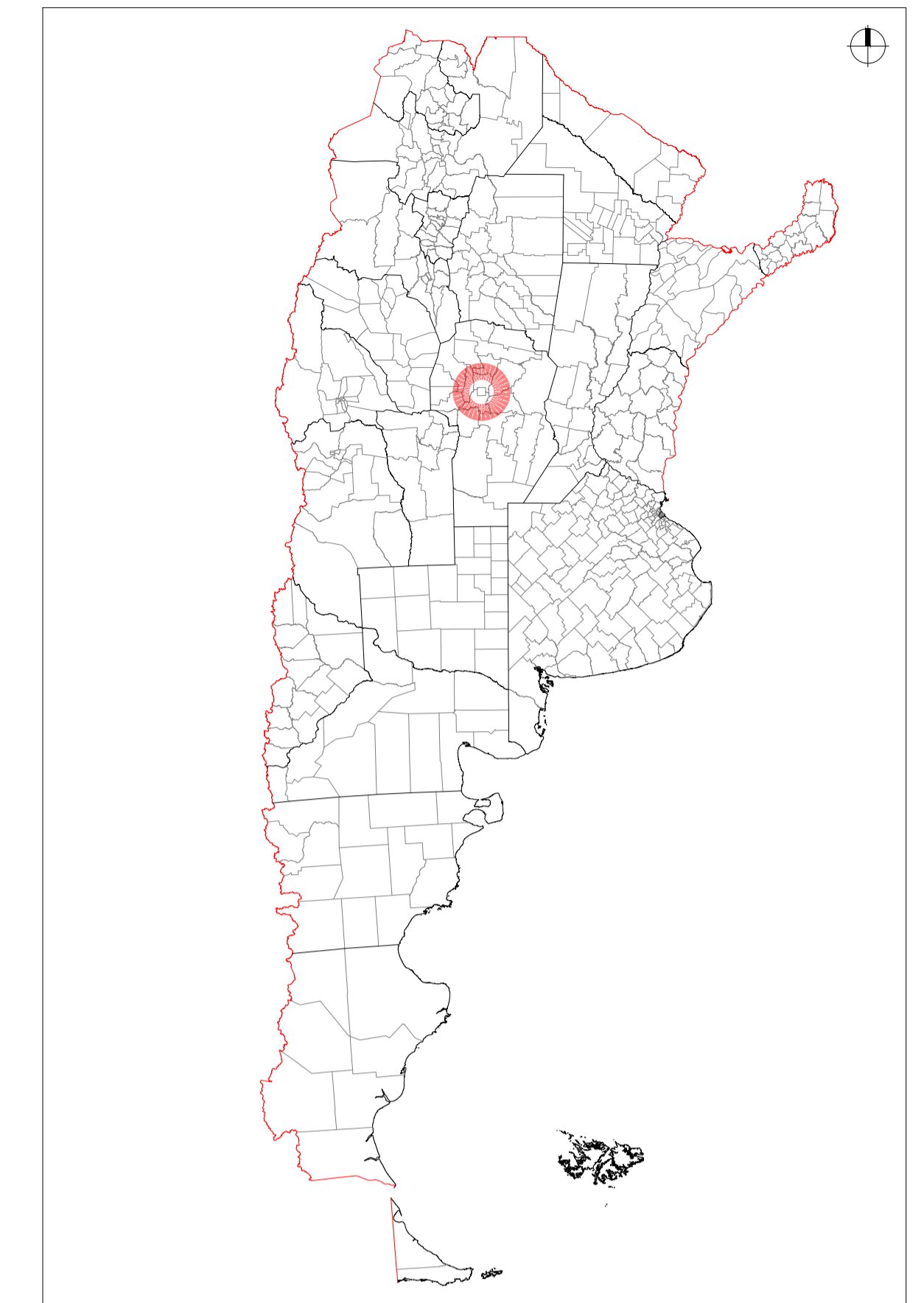


Plano de Ubicación

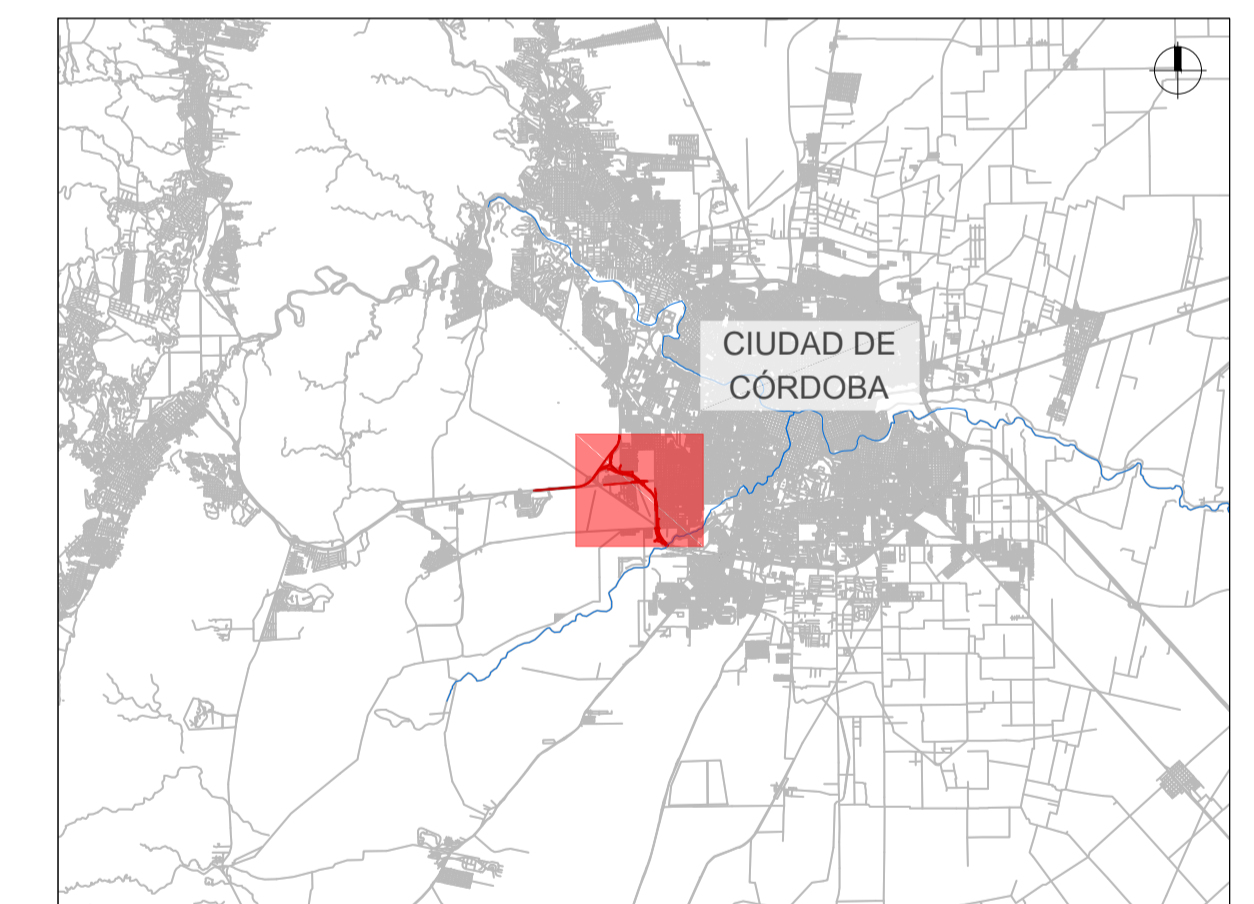
Escala 1:40.000



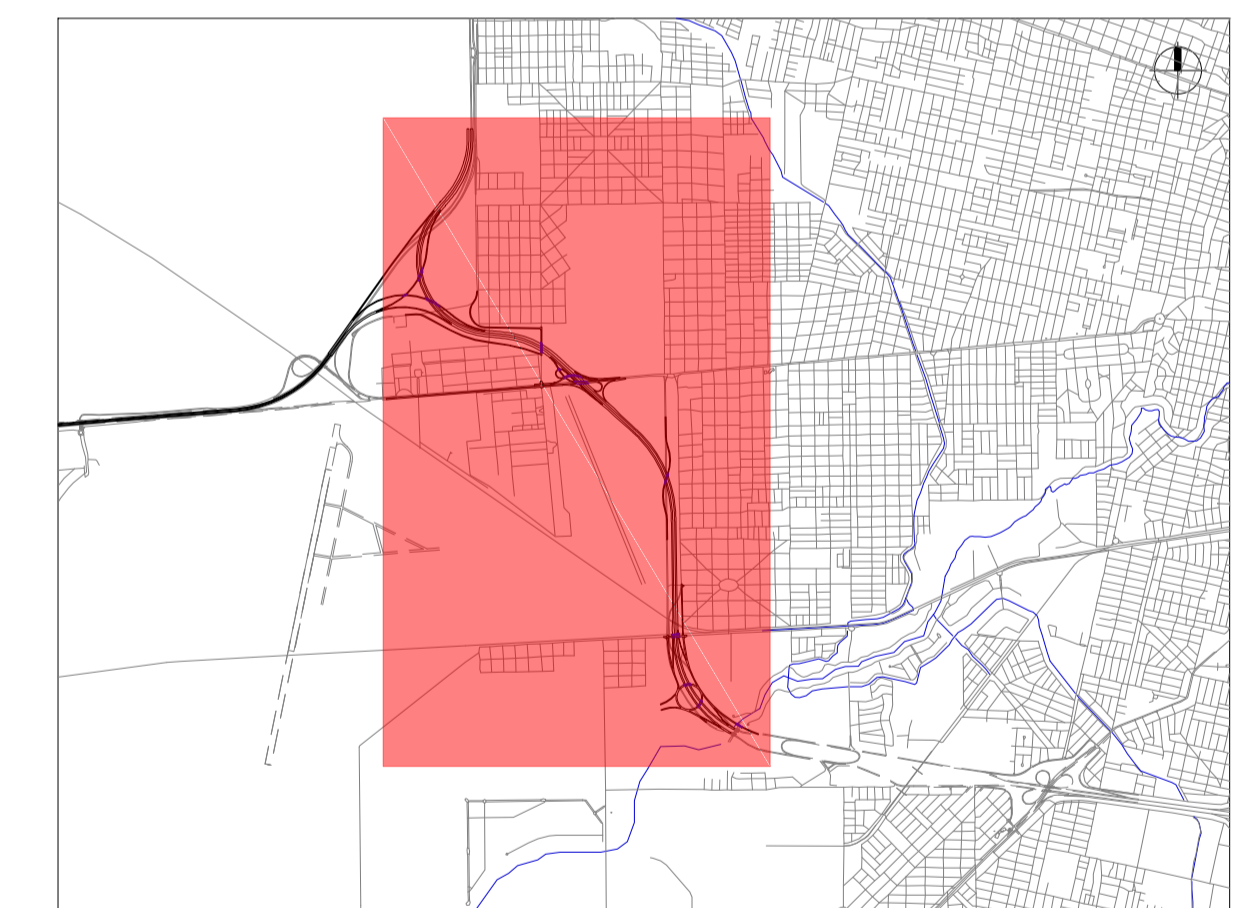
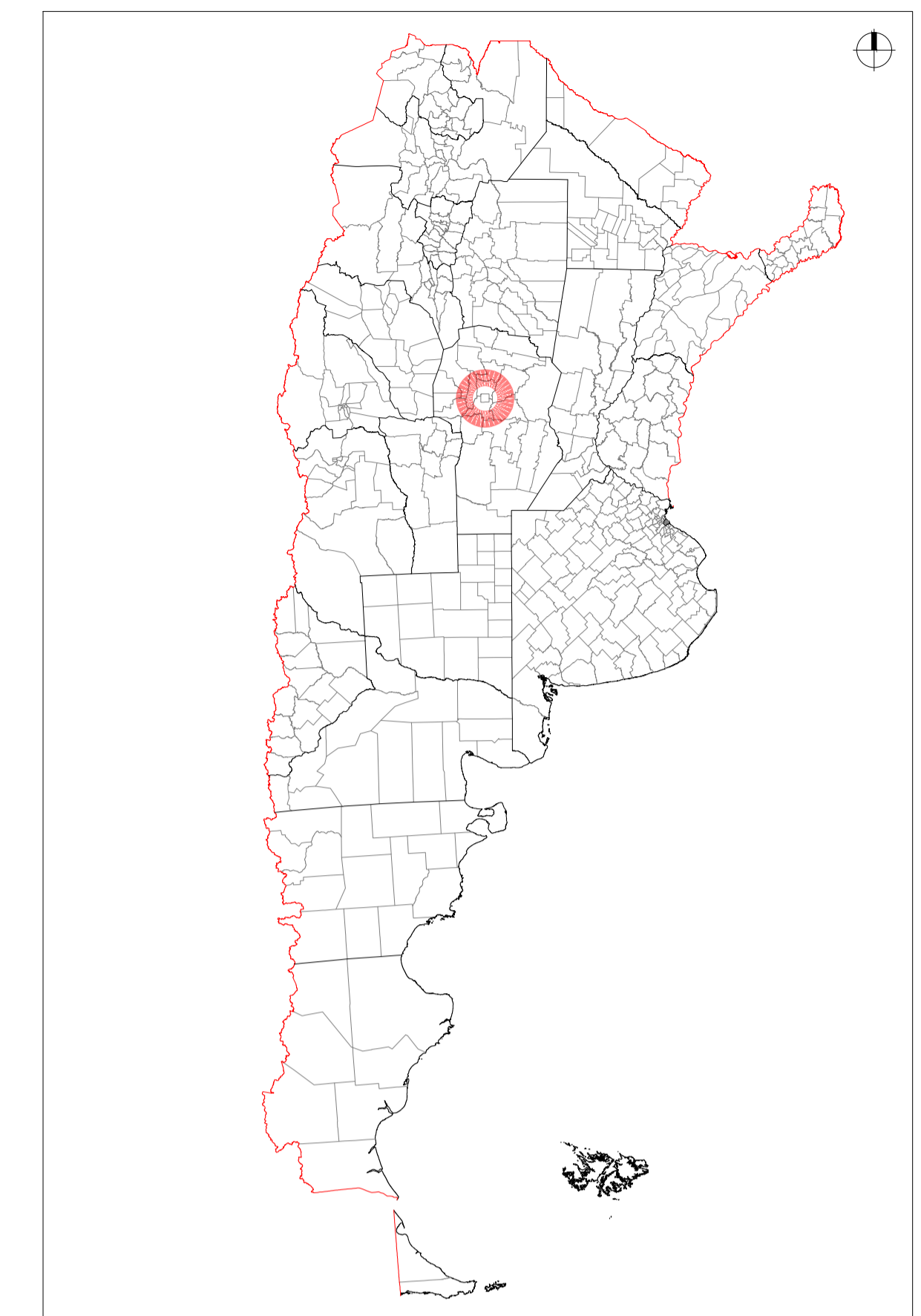
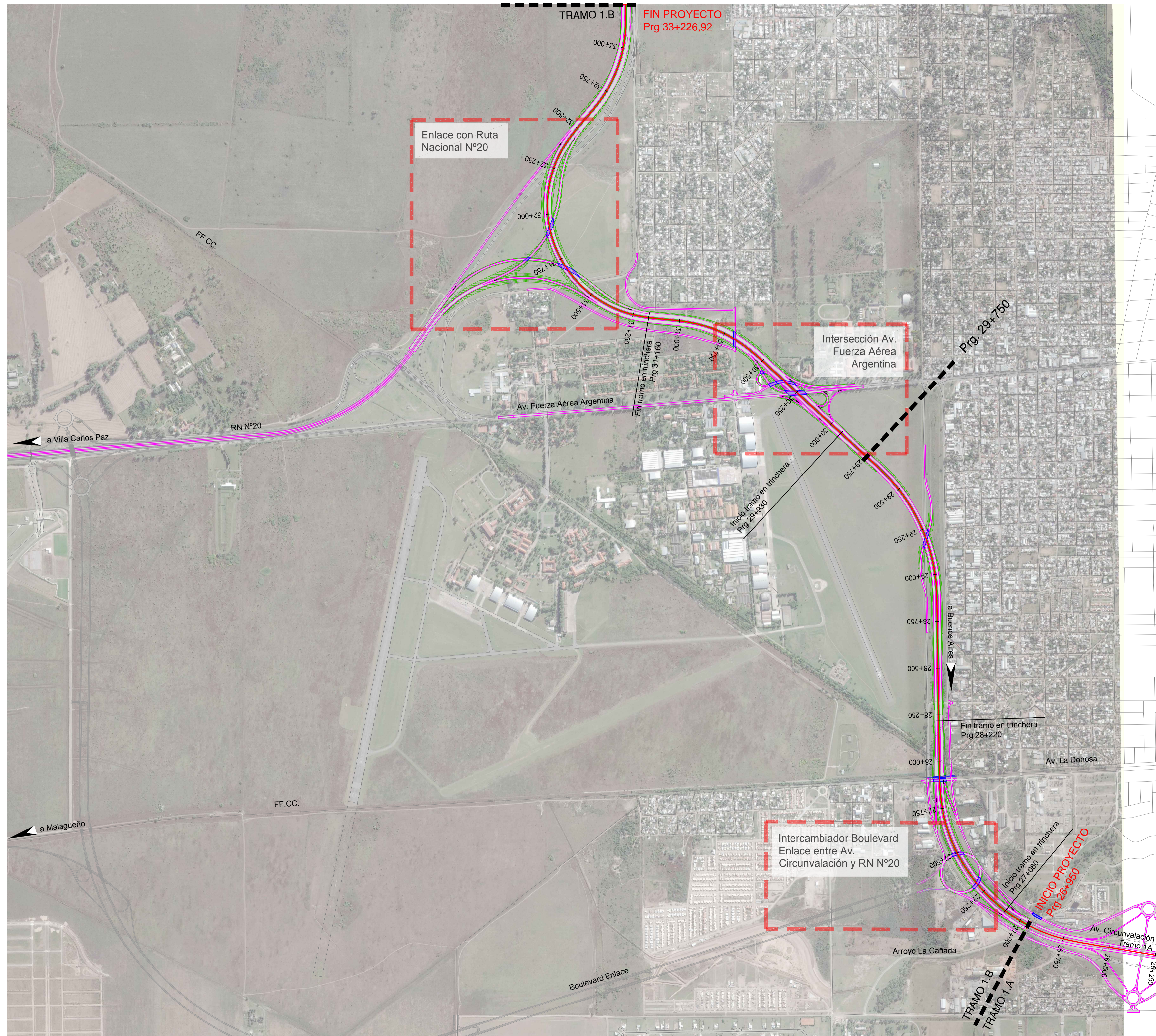
Ubicación Regional



Croquis de Ubicación Lámina



N°	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN	DIBUJO	CONTROL	APROB.
<b>GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CORDOBA</b> MINISTERIO DE VIVIENDA , ARQUITECTURA Y OBRAS VIALES					
<b>RAC - RED DE ACCESOS A CORDOBA</b> Caminos de las Sierras					
<b>CIERRE AVENIDA DE CIRCUNVALACION</b> <small>Tramo: Distribuidor RP Nº5 - Distribuidor "El Tropezon"</small> <small>Tramo 1.B - Sección 1: Prg. 26+950 a 29+750</small>					
<b>PLANO DE UBICACIÓN</b>					
APR. PROYECTISTA	APR. CONCESIONARIO	APR. CONCEDENTE	APR. CONF. OBRA		
DIBUJO:		PROYECTO:		PLANO N° 01/01	
FECHA: ABRIL 2017		ESCALA: INDICADAS		A019-T1B-S1-UB-A00	



N°	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN	DIBUJO	CONTROL	APROB.

GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CORDOBA  
MINISTERIO DE VIVIENDA, ARQUITECTURA Y OBRAS VIALES

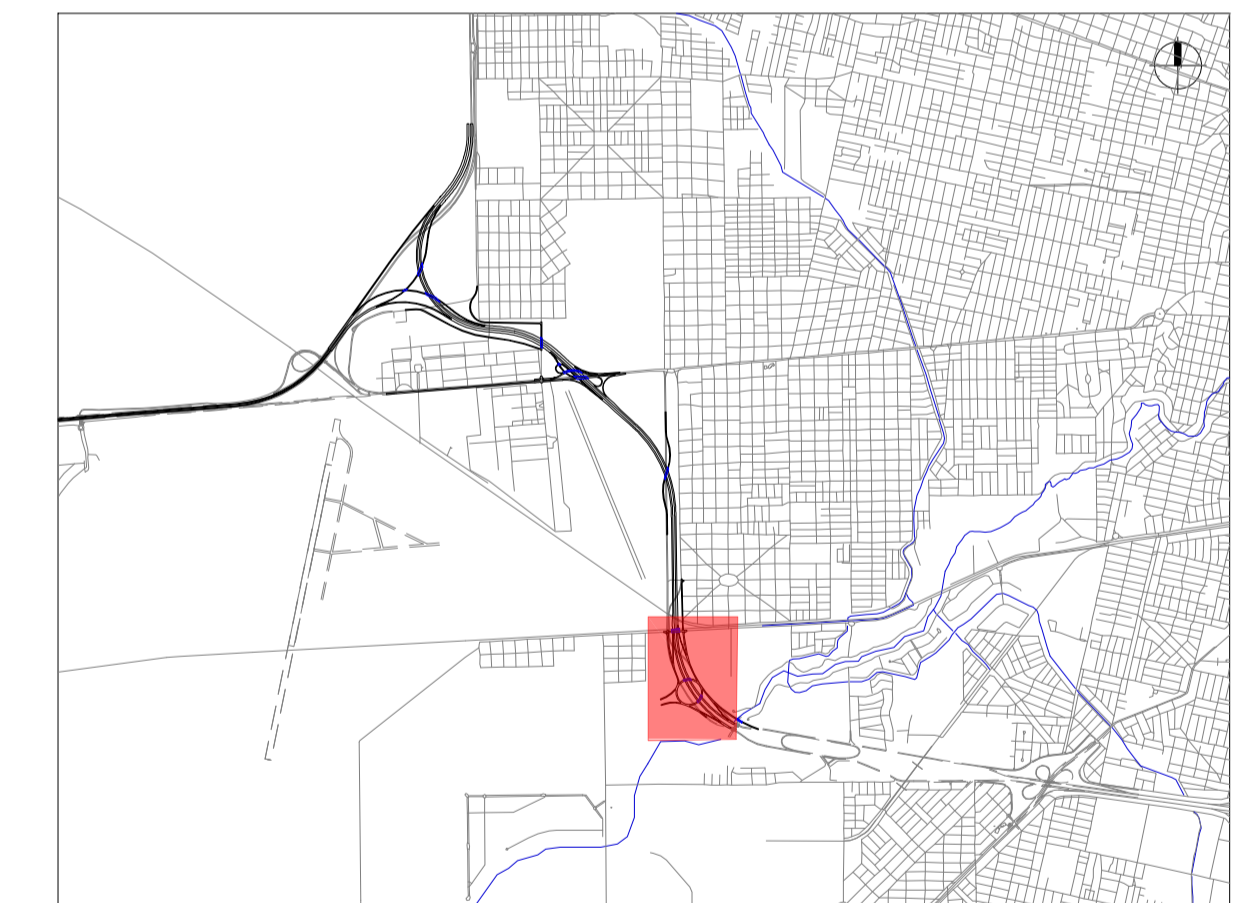
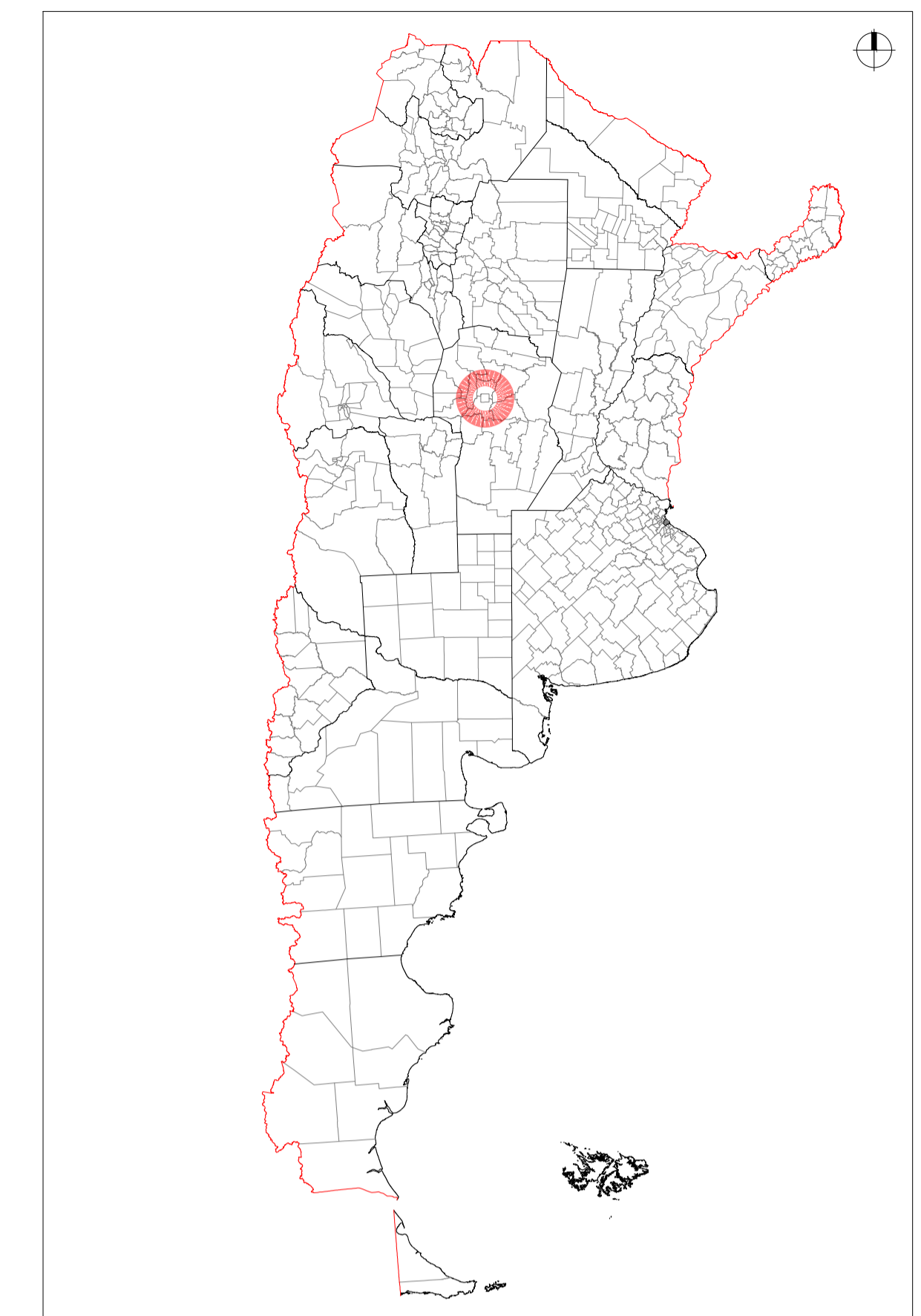
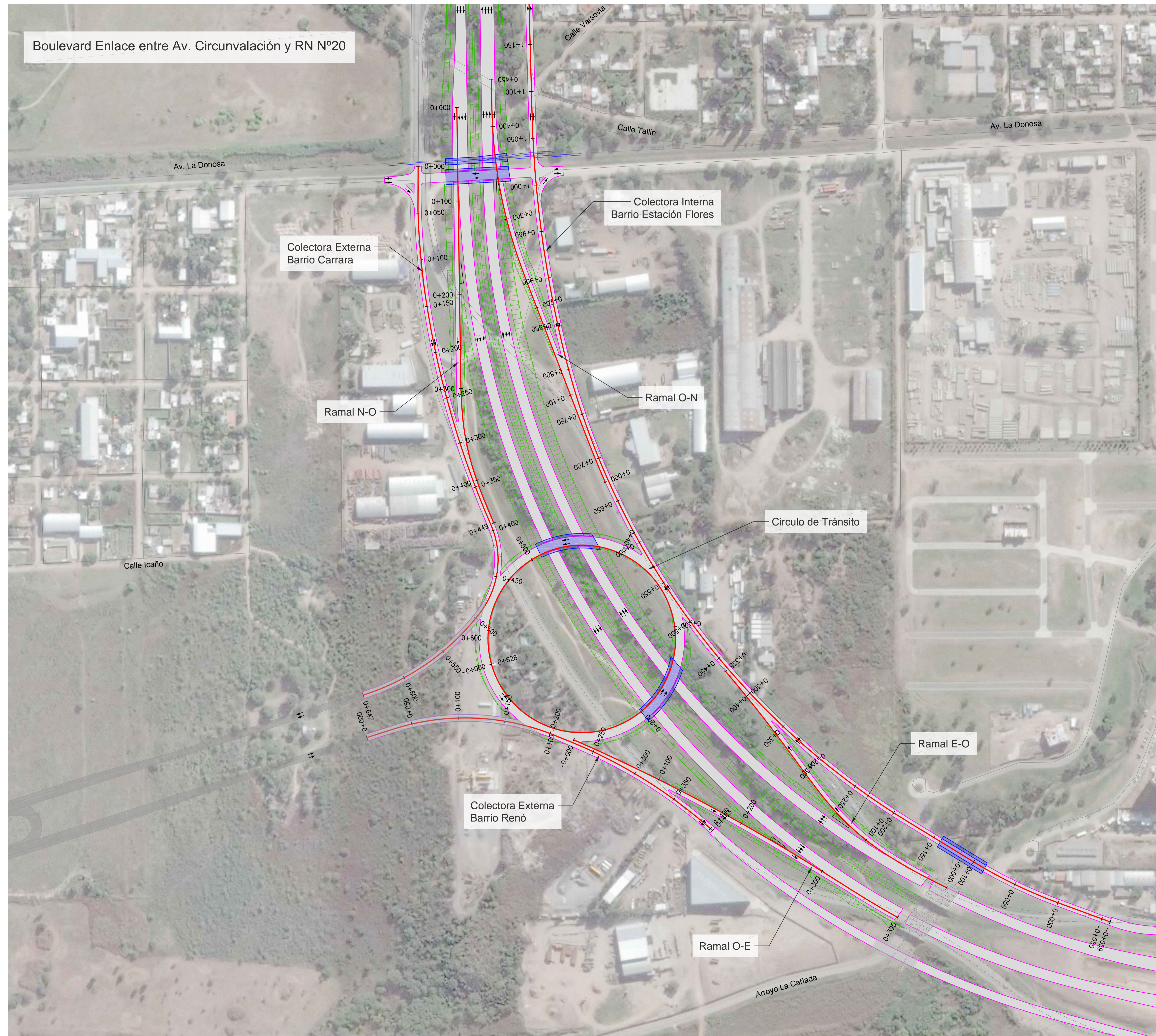
**RAC - RED DE ACCESOS A CORDOBA**  
Caminos de las Sierras

**CIERRE AVENIDA DE CIRCUNVALACION**  
Tramo: Distribuidor RP N°5 - Distribuidor "El Tropezón"  
Sección: Prg. 26+950 (Aº La Cañada) a Prg. 29+750 (Av. Fuerza Aérea)

**PLANIMETRÍA GENERAL**

APR. PROYECTISTA	APR. CONCESIONARIO	APR. CONCEDENTE	APR. CONF. OBRA

DIBUJO:	PROYECTO:	PLANO N°	01/02
FECHA: ABRIL 2017	ESCALA: INDICADAS	A019-T1B-S1-PG-A00	



N°	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	DIBUJO	CONTROL	APROB.
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CORDOBA MINISTERIO DE VIVIENDA , ARQUITECTURA Y OBRAS VIALES <b>RAC - RED DE ACCESOS A CORDOBA</b> Caminos de las Sierras					
<b>CIERRE AVENIDA DE CIRCUNVALACION</b> Tramo: Distribuidor RP Nº5 - Distribuidor "El Tropezón" Sección: Prg. 26+950 (Aº La Cañada) a Prg. 29+750 (Av. Fuerza Aérea) <b>PLANIMETRÍA GENERAL</b>					
APR. PROYECTISTA	APR. CONCESIONARIO	APR. CONCEDENTE	APR. CONF. OBRA		
DIBUJO:		PROYECTO:		PLANO N°	02/02
FECHA: ABRIL 2017		ESCALA: INDICADAS		A019-T1B-S1-PG-A00	