

PROYECTO INTEGRADOR PROFESIONAL



Proyecto Ejecutivo

Pavimentación Ruta Provincial N° 52 Canning-Ezeiza, Provincia de Buenos Aires
Tramo: Empalme Ruta Provincial N°58 y Limite entre partidos de Ezeiza y Cañuelas

Autor:

PEREZ GREGORI, CESAR ESTEBAN

Director Académico:

MORENO, OSCAR

Carrera:

INGENIERÍA CIVIL

NEUQUEN

2019

RESUMEN

Consiste en el desarrollo del proyecto ejecutivo de pavimentación de la Ruta N° 52 en Ezeiza, Provincia de Buenos Aires - Tramo: Empalme Ruta Provincial N°58 y Limite entre partidos Ezeiza y Cañuelas, encomendado por la Municipalidad de Ezeiza, dada la importancia que esta vía de comunicación le confiere a la zona.

Para el desarrollo del mismo se recolecta la información disponible, se hace un relevamiento del lugar, se plantean alternativas evaluando su conveniencia y se verifican en obra. En el proceso se utiliza equipamiento topográfico (Estación Total y Nivel óptico) y software específico (Microsoft Excel y AutoCAD).

Una vez obtenido el diseño final, se confecciona la documentación gráfica necesaria para la obra, la cual constará de Planillas, Planos y Detalles.

ABSTRACT

It consists of the development of the paving executive project of Route No. 52 in Ezeiza, Province of Buenos Aires - Section: Provincial Route No. 58 Junction and Limit between Ezeiza and Cañuelas parties, entrusted by the Municipality of Ezeiza, given the importance of this communication route confers to the area.

For the development of it, the available information is collected, a survey of the place is made, alternatives are considered, evaluating their convenience and verified on site. In the process, topographic equipment (Total Station and Optical Level) and specific software (Microsoft Excel and AutoCAD) are used.

Once the final design has been obtained, the necessary graphic documentation for the work is prepared, which will consist of Worksheets, Plans and Details.

RECONOCIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A mi FAMILIA, por todo el apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

A mis AMIGOS, que siempre estuvieron alentándome a seguir, e hicieron que este proyecto fuera posible.

A mi director de Tesis, el Ingeniero Oscar Moreno, por su aporte en la elaboración de este proyecto.

INDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
RECONOCIMIENTOS Y DEDICATORIAS	III
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Fundamentación.....	3
1.2 Objetivo General.....	3
1.3 Objetivos Específicos	3
1.4 Metodología.....	3
1.4.1 Ámbito de desarrollo.....	3
1.4.2 Actividades específicas	3
2. DESARROLLO.....	5
2.1 Ubicación	5
2.2 Recopilación de Antecedentes	5
2.3 Descripción de la traza actual	6
2.4 Reconocimiento de la zona de obra	8
2.5 Trazado de nueva poligonal	18
2.6 Relevamiento de camino existente.....	19
2.7 Verificación y optimización de Alcantarillas	19
2.8 Trazados Preliminares – Trazado Definitivo	23
2.9 Diseño geométrico	25
2.9.1 Diseño Planimétrico.....	25
2.9.2 Diseño Altimétrico.....	41
2.10 Diseño definitivo.....	52
2.10.1 Coordenadas definitivas Eje Camino – Transición de peraltes - Banquinas .	52
2.10.2 Perfil tipo de Obra y Pavimento.....	53
2.10.3 Planialtimetría	53
2.10.4 Perfiles Transversales	53
2.10.5 Planos de detalle de Alcantarillas	53
2.10.6 Planilla de Movimiento de Suelos	53
3. CONCLUSIONES.....	54
BIBLIOGRAFIA	56
ANEXOS	57
APENDICE	58
A.1 Obras propuestas.....	58
A.1.1 Perfiles Transversales Tipo.....	58

A.1.2	Estructura de pavimento propuesta.....	59
A.1.3	Obras de seguridad vial complementarias	59
A.1.4	Obras Básicas.....	59
A.2	Estudios Geotécnicos	60
A.2.1	Ensayos Ejecutados.....	63
A.2.2	Resultados Obtenidos	64
A.2.3	Conclusiones.....	66
A.3	Tránsito	67
A.3.1	Estimación del TMDA (Tránsito Medio Diario Anual) del año 2011	67
A.3.2	Composición vehicular	67
A.3.3	Determinación del Número de ejes equivalentes en el carril de diseño	67
A.4	Pavimentos.....	68
A.4.1	Propiedades de la Subrasante.....	69
A.4.2	Análisis de la Estructura Flexible	69
A.4.3	Datos de entrada para el Tránsito.....	69
A.4.4	Confiabilidad del Diseño	70
A.4.5	Verificación estructural.....	70
A.5	Proyectos de Desagües.....	71
A.5.1	Generalidades.....	71
A.5.2	Antecedentes cartográficos	71
A.5.3	Relevamiento topográfico	72
A.5.4	Estudio hidráulico	72
A 5.4.1	Delimitación de cuencas:	72
A 5.4.2	Tiempos de concentración:	74
A 5.4.3	Coefficientes de escorrentía:	75
A 5.4.4	Cálculo hidráulico.....	76
A.5.5	Memoria de cálculo de alcantarillas	78

1. INTRODUCCIÓN

1.1 FUNDAMENTACIÓN

La Ruta Provincial N° 52, es una vía que comunica la zona céntrica de la ciudad de Canning, con la zona de campos productivos, escuelas rurales, y desarrollos inmobiliarios en proceso de crecimiento y expansión. La misma, por las características del suelo del lugar, se vuelve intransitable para vehículos de tracción simple en días de lluvia, lo que implica el aislamiento del lugar y sus actividades. Por lo cual, la jerarquización de esta vía, resulta de suma importancia para la accesibilidad de la zona.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el proyecto ejecutivo de la pavimentación de la Ruta Prov. N° 52, en la Ciudad de Canning-Ezeiza, Prov. De Buenos Aires, en el tramo comprendido entre el empalme con la Ruta Prov. N° 58 y el límite entre los partidos de Ezeiza y Cañuelas.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir puntos fijos topográficos para el relevamiento y replanteo de la obra.
- Proponer alineaciones y vértices horizontales y verticales de la traza.
- Verificar diseño hidráulico de alcantarillas y proponer alternativas constructivas para optimizar los tiempos de obra.
- Realizar diseño geométrico de curvas horizontales y verticales de acuerdo a los parámetros de diseño correspondientes a la categoría del camino.
- Optimizar el movimiento de suelos a realizar.
- Calcular volúmenes de movimiento de suelos (excavaciones y terraplenes).
- Presentación de planos, planillas y detalles de la propuesta de adecuación del proyecto.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Ámbito de desarrollo

El PIP se desarrolla en la empresa “CPC S.A. Ingeniería e Infraestructura”, en la ciudad de Canning, partido de Ezeiza, bajo la coordinación del Ingeniero Ranea, Francisco.

1.4.2 Actividades específicas

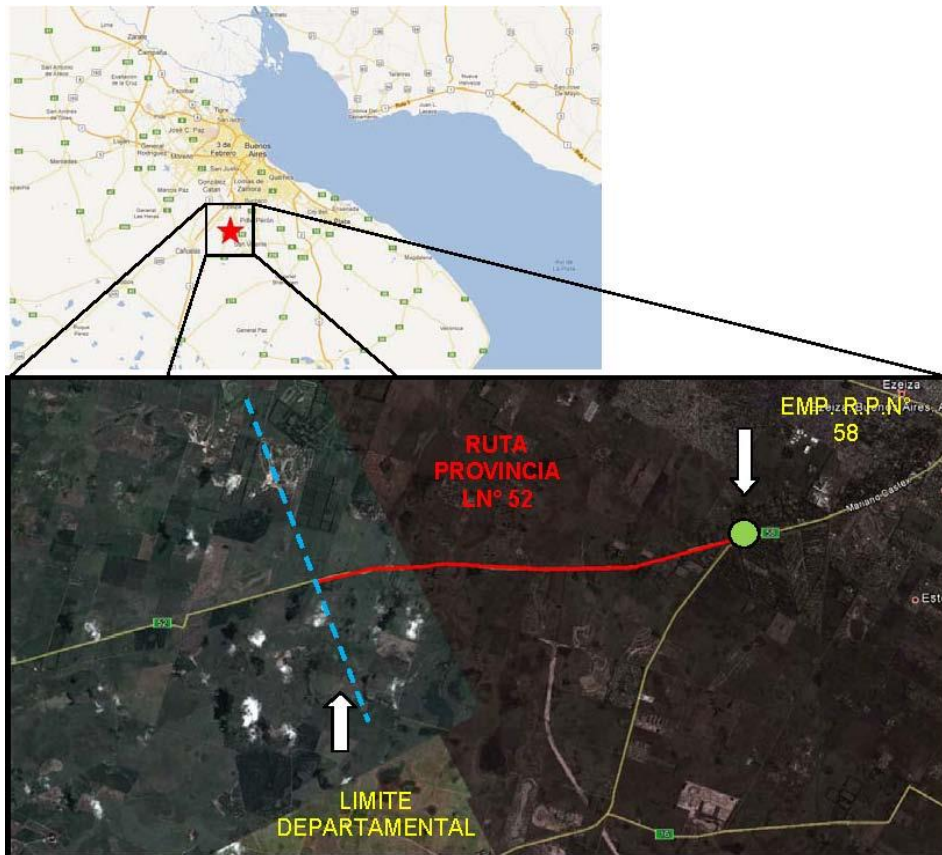
- 1) Recopilación de antecedentes: Memorias, Planos, especificaciones técnicas, datos geográficos/topográficos, estudios previos, etc.

- 2) Reconocimiento de la zona de obra: Recorrida en vehículo y a pie de la traza en compañía de topógrafos para la identificación de sectores de conflicto del proyecto, ubicación de posibles nuevos puntos fijos topográficos, etc.
- 3) Trazado de nueva poligonal: Definición de nuevos puntos fijos a lo largo de la traza de obra, a partir de los datos de entrada disponibles, mediante el uso de Estación Total y Nivel Óptico.
- 4) Relevamiento de camino existente: Levantamiento de puntos característicos de la traza existente, la zona de camino y las interferencias detectadas previamente; mediante el uso de Estación Total y Nivel Óptico.
- 5) Trazado tentativo: Definición de vértices y alineaciones tentativas en gabinete, mediante el uso de AutoCAD.
- 6) Verificación y optimización de Alcantarillas: Estudio de las secciones propuestas y evaluación de alternativas
- 7) Diseño geométrico inicial: Una vez definida la traza, se realiza el diseño de curvas horizontales y verticales mediante el uso de planilla de Excel y AutoCAD y se realiza el cómputo estimado de movimiento de suelos.
- 8) Verificación de diseño geométrico: Revisión de los volúmenes de movimiento de suelos y replanteo en obra de las curvas para evaluación y optimización del diseño.
- 9) Diseño definitivo: Confección de planos de Perfiles tipo, Planialtimetría, Perfiles Transversales, Detalle de Alcantarillas, Planilla de Movimiento de Suelos.

2. DESARROLLO

2.1 UBICACIÓN

El proyecto está ubicado en la localidad de Canning, partido de Ezeiza, Provincia de Buenos Aires, y la obra está comprendida entre el empalme de la ruta Prov. N° 52 con la ruta Prov. N°58, y el límite entre los partidos de Ezeiza y Cañuelas.



Croquis de ubicación

2.2 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

Dentro de la documentación entregada para la obra se dispuso de la documentación gráfica (Perfiles tipo de obra, Planialtimetría, Perfiles transversales y Planos de alcantarillas) y de memorias y anexos (memoria de Ingeniería, estudio de tránsito, estudio geotécnico, estudio hidrológico, computo métrico y especificaciones técnicas).

Del estudio de la documentación gráfica se detectaron los siguientes aspectos a revisar:

- Coordenadas geográficas de los puntos fijos del proyecto: al intentar estacionar el equipo topográfico en distintas zonas de la traza utilizando los puntos de apoyo indicados en la documentación, resultó que los mismos no coincidían con

la poligonal representada gráficamente. Como consecuencia surge la necesidad de definir una nueva poligonal.

- Diseño geométrico de curvas: observando los parámetros y los perfiles transversales se detectan en algunas curvas, incoherencias en las pendientes adoptadas para los peraltes (curvas que presentan peraltes con pendientes inversas). Lo que implica la necesidad de revisar el diseño de las mismas.
- Diseño de la rasante: se aprecia una gran cantidad de cambios de pendientes a lo largo de la traza, copiando el camino existente, y que, en algunos sitios, no se corresponden con las pendientes de escurrimiento de las cunetas. Esto afecta la comodidad y estética del camino, por lo cual se decide su re-diseño.
- Computo de movimiento de suelos: en función de la revisión de diseño geométrico y de rasante, resulta necesario revisar el volumen de suelos a mover.

Por otro lado, se tomaron como válidos, es decir técnicamente resueltos de manera correcta para el presente proyecto, los estudios Geotécnicos, Hidrológicos y de Tránsito, así como también, el diseño del paquete estructural y el proyecto de desagües.

Estos últimos ítems son descriptos en el Apéndice.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA TRAZA ACTUAL

En general se puede separar el tramo de proyecto en dos secciones distintas, en base al tipo de carpeta de rodamiento presente.

SECCIÓN I

Entre las progresivas 0+000 y 4+500 se distingue una calzada natural conformada por una capa de suelo de aproximadamente 0,15 m de espesor y 8,0 m de ancho. Esta capa está apoyada en el suelo del lugar, siendo este último de baja capacidad portante.

SECCIÓN II

Entre las progresivas 4+500 y 9+930, la calzada existente es de suelo natural, de características similares a la mencionada anteriormente como capa de apoyo de la sección I, consolidada solo por el tránsito.

Por otro lado, las banquetas existentes son de suelo natural para el tramo en toda su extensión. A continuación, se presentan algunas fotografías que aportan información respecto a lo mencionado.



Foto 1 – Progresiva 0+000



Foto 2 – Progresiva 1+300



Foto 3 – Progresiva 7+800



Foto 4 – Progresiva 9+000



Foto 5 – Progresiva 9+400

2.4 RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE OBRA

Se realizó en compañía del equipo de topografía un recorrido de la traza a pie y con vehículos, de toda la extensión de la obra, observando detalladamente todos los aspectos a revisar detectados en el estudio de los antecedentes, como así también otros aspectos no detectados en los antecedentes que pudieran resultar de importancia.

Del mismo se obtuvo como resultado:

- Identificación y balizamiento de zonas para la materialización de los distintos puntos fijos de la nueva poligonal.
- Detección de zonas de conflicto por interferencias no tenidas en cuenta en el diseño preliminar (Líneas de tensión, límites de campos, ductos de gas, etc.).
- Ubicación de alcantarillas a construir.

A continuación, se muestran imágenes con la identificación de sectores de interés para el proyecto.



Progr. 0+000 – Inicio de Obra – Intersección con Ruta Prov. N°58



Progr. 0+250 – Alcantarilla a construir / Interferencia Gasoductos



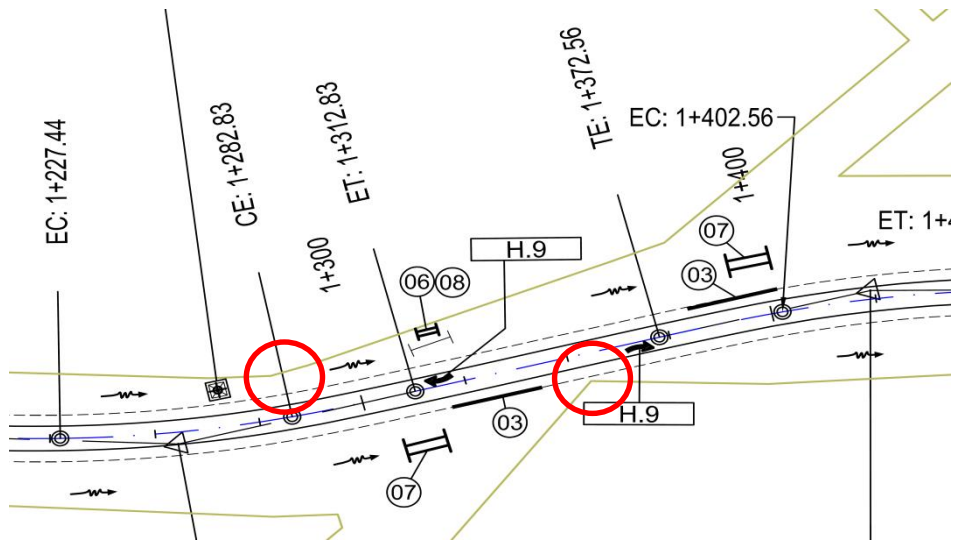
Progr. 0+250 – Alcantarilla a construir / Interferencia Gasoductos



Progr. 1+030 – Ingreso Barrio Privado Terralagos



Progr. 1+030 – Ingreso Barrio Privado Terralagos



Progr. 1+350 – Intersección caminos - Interferencias



Progr. 1+350 - Intersección camino – Interferencias



Progr. 1+350 - Interferencias Limite Campo/Línea de Tensión



Progr. 1+350 - Intersección camino



Progr. 1+350 - Intersección camino Ingreso Escuela Rural



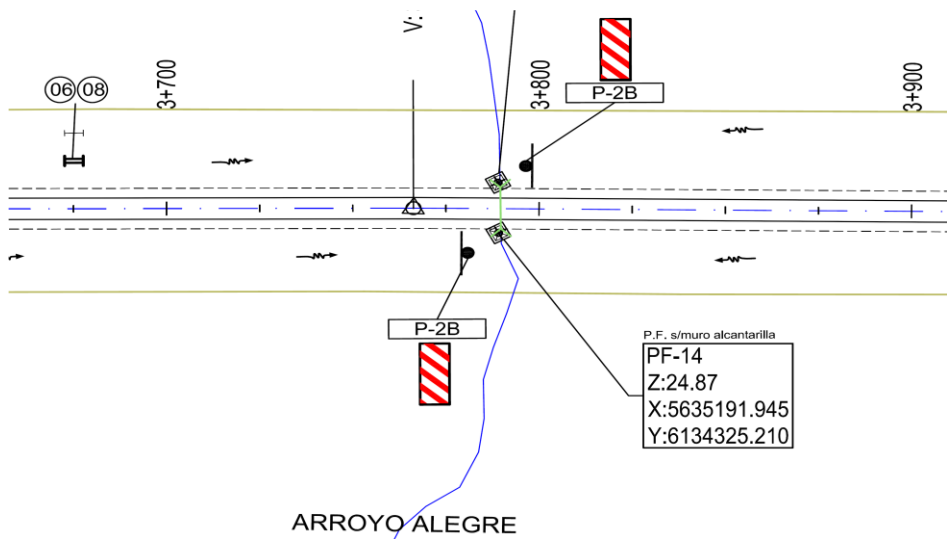
Progr. 1+670 – Alcantarilla a construir



Progr. 2+395 – Alcantarilla a construir



Progr. 3+000 – Alcantarilla a construir



Progr. 3+800 – Alcantarilla existente



Progr. 3+800 – Alcantarilla existente



Progr. 3+800 – Alcantarilla existente



Progr. 5+000 – Ingreso Barrio Privado “La Providencia”



Progr. 5+000 – Ingreso Barrio Privado “La Providencia”



Progr. 5+600 – Alcantarilla a construir



Progr. 6+680 – Alcantarilla a construir



Progr. 6+920 – Cruce Camino / Interferencia Gasoductos / Alcantarillas a construir



Progr. 6+920 – Interferencia Gasoductos / Alcantarillas a construir



Progr. 7+950 – Alcantarilla a construir



Progr. 8+100 – Alcantarilla a construir



Progr. 8+250 – Ingreso Escuela Rural



Progr. 9+950 – Fin de obra / Intersección Camino

Del análisis de los puntos de interés detallados surge la necesidad de establecer las siguientes premisas para el trazado:

- Modificar posición y diseño planteado de la alcantarilla tipo Z de la progresiva 0+250, debido a la cercanía de gasoductos a ambos lados del camino, los que interfieren con los muros de ala de la obra de arte.
- Establecer posición de eje de camino en progresiva 1+030, a distancia necesaria respecto a acceso y alcantarillas construidas en ingreso a Barrio Privado “Terralagos”.
- Modificar posición de eje de camino y ángulos de los vértices de las progresivas 1+275 y 1+400, debido a la cercanía con Líneas de Tensión, y límite de Campo, los que restringen la adecuada realización de banquetas, taludes y desagües.
- Establecer posición de eje de camino en progresiva 3+800, coincidente con centro de Alcantarilla existente.
- Introducir Vértices y desplazar eje de camino en zona de progresiva 5+000, de manera de dar espacio para la futura realización de dársenas de ingreso a Barrio Privado “La Providencia”.
- Modificar posición de eje y ángulo de vértice en progresiva 6+950, debido a la cercanía de gasoductos a ambos lados del camino, los que se interfieren con las alas de las alcantarillas proyectadas.

2.5 TRAZADO DE NUEVA POLIGONAL

En base a las zonas identificadas en el reconocimiento de la obra se fueron materializando los distintos puntos fijos definidos (26 en total). Los puntos se construyeron con estacones de madera de 2” x 2”, recubiertos en su alrededor con concreto de cemento. A su vez se realizó el balizamiento de los mismos mediante cañas y cinta de peligro para visualizarlos fácilmente.

Para la definición de coordenadas de los distintos puntos se adoptó un sistema local de coordenadas, que luego se utilizó para la obra, estableciendo el punto inicial con coordenadas X: 10.000; Y: 10.000; Z: 24.270. La coordenada Z, se corresponde con la cota referida al cero del IGN, referenciada a partir del punto fijo G109.

A continuación, se muestran los datos de la nueva poligonal, en coordenadas locales:

Nombre	X	Y	Z	Referencia
PF0	10000	10000	24.270	Tapa hierro
PF1	10014.181	10024.553	24.460	borde alc 0+000
PF2	10464.847	9983.223	23.930	0+450 izq
PF3	10932.194	9905.507	24.800	0+925 der
PF4	11276.406	9903.291	25.920	Tapa hierro 1+265 izq
PF5	11474.056	9930.632	25.324	1+470 IZQ
PF6	11811.561	9914.423	25.273	1+800 IZQ
PF7	12060.059	9898.641	26.097	2+050 IZQ
PF8	12216.158	9864.406	24.580	2+200 der
PF9	12687.176	9859.38	25.460	2+680 izq (curva)
PF10	13130.752	9685.179	25.480	3+100 der
PF11	13597.096	9576.325	24.110	3+625 izq
PF12	13911.464	9459.835	24.340	3+950 izq
PF13	14283.67	9332.04	24.540	4+330 izq
PF14	14756.581	9142.974	24.830	4+700 der
PF15	15113.336	9065.766	24.475	5+200 izq
PF16	15600.417	8880.927	24.175	5+700 izq
PF17	15950.164	8673.859	25.630	6+100 der
PF18	16305.28	8559.44	24.005	6+520 izq
PF19	16642.93	8375.6021	24.951	6+900 der
PF20	17220.519	8266.575	24.350	7+500 izq
PF21	17653.651	8154.709	24.250	7+850 izq
PF22	18022.122	8008.83	24.750	8+250 der
PF23	18483.28	7952.971	25.200	8+800 izq
PF24	18956.143	7814.582	25.700	9+200 der
PF25	19242.253	7814.727	24.800	9+500 izq
PF26	19558.84	7782.354	24.550	mojón

2.6 RELEVAMIENTO DE CAMINO EXISTENTE

Una vez definida y representada la nueva poligonal, se llevó a cabo el relevamiento de la traza existente (eje y bordes), como así también de los límites de la zona de camino, las interferencias detectadas (Postes, ductos, CMP de protección catódica, etc.), los distintos cursos de agua a cruzar con nuevas alcantarillas y los distintos cruces de camino.

2.7 VERIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE ALCANTARILLAS

Para la construcción de las alcantarillas, se tomó como base el estudio hidrológico realizado y el diseño preliminar de secciones hidráulicas. Para agilizar la construcción en obra y ante la aceptación por parte del comitente, se planteó para el caso de las alcantarillas tipo O-41211 de DNV, la utilización de alcantarillas modulares de hormigón armado prefabricadas. Para ello se tomaron cada una de las secciones planteadas en el diseño original, y se seleccionaron dentro de las diferentes secciones premoldeadas ofrecidas por los proveedores, las que verificarán la sección hidráulica.

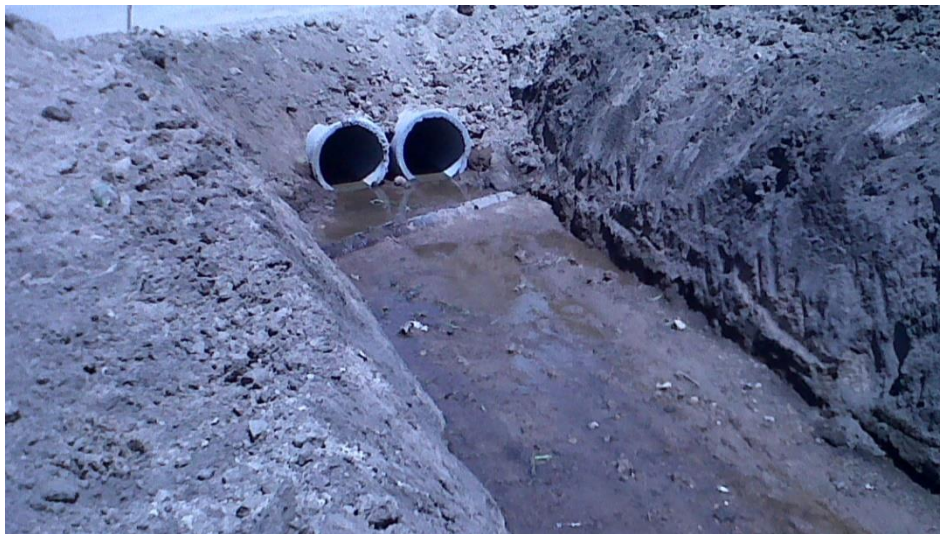
A continuación, se muestran imágenes de las alcantarillas premoldeadas propuestas.



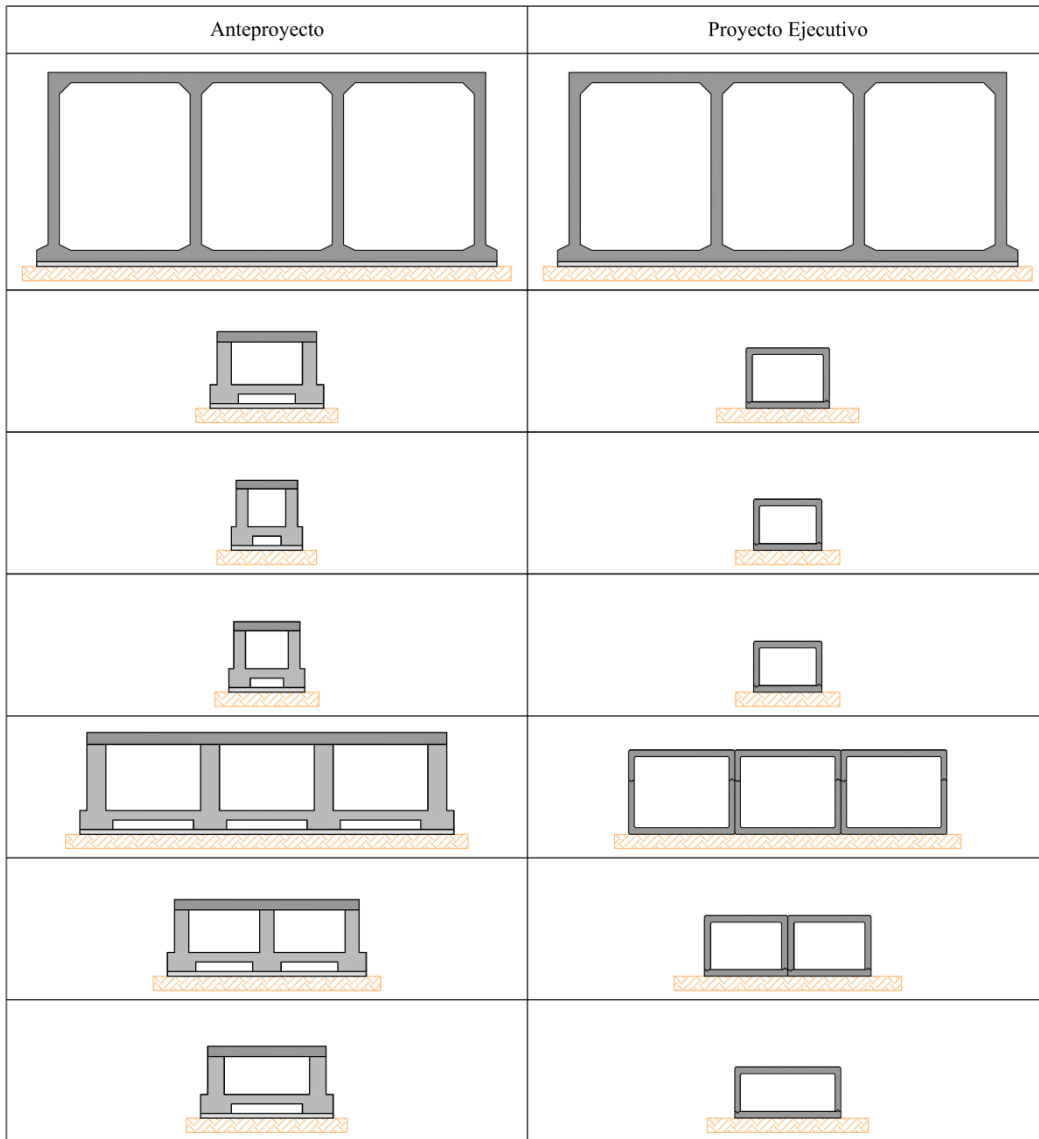


Para el caso de la alcantarilla tipo Z-2915, la misma debió ser redimensionada en su longitud, debido a que en sus cabeceras fueron detectados sendos gasoductos, que impedían materializarla con sus dimensiones originales.

A continuación, se muestran una imagen del gasoducto detectado.



En la tabla siguiente se detallan las características y secciones hidráulicas de las alcantarillas del anteproyecto y las propuestas para el proyecto ejecutivo.



Anteproyecto						Proyecto Ejecutivo					
Progr.	Nº Luces	L (m)	H (m)	J (m)	Sección Hidráulica (m²)	Progr.	Nº Luces	L (m)	H (m)	J (m)	Sección Hidráulica (m²)
0+250	3	3.00	4.00	13.20	36.00	0+250	3	3.00	4.00	11.20	36.00
1+668	1	1.50	0.90	13.90	1.35	1+680	1	1.50	1.00	14.37	1.50
2+393	1	0.80	0.80	13.40	0.64	2+385	1	1.20	0.80	13.75	0.96
2+998	1	0.90	0.80	13.40	0.72	3+000	1	1.20	0.80	13.75	0.96
5+595	3	2.00	1.40	13.60	8.40	5+578	3	2.00	1.50	14.37	9.00
6+678	2	1.50	0.90	13.40	2.70	6+675	2	1.50	1.00	13.75	3.00
6+920	1	0.80	0.80	14.30	0.64	6+915	1	1.20	0.80	14.37	0.96
6+954	1	0.80	0.80	14.20	0.64	6+950	1	1.20	0.80	15.00	0.96
7+952	1	1.80	0.80	13.30	1.44	7+951	1	2.00	0.80	13.75	1.60
8+110	1	1.80	0.80	13.30	1.44	8+064	1	2.00	0.80	13.75	1.60

2.8 TRAZADOS PRELIMINARES – TRAZADO DEFINITIVO

Para su definición se consideró como regla general, mantener la forma del camino existente de manera de minimizar el movimiento de suelo y la conveniencia de producir el menor impacto posible en el entorno, además de atender las premisas detalladas anteriormente.

En la definición del trazado planimétrico se presentaron dificultades particulares en las zonas de los vértices:

- V1 y V2, en los que hubo que obtener alineaciones tales que permitieran desarrollar en su totalidad las curvas sucesivas (curva y contra curva), además de superar las restricciones impuestas por las interferencias.
- V6 y V7, en el cual fue necesario introducir 2 quiebres sucesivos, desplazando el eje del camino, de manera de facilitar la futura construcción de dársenas para ingreso al Barrio Privado.
- V9, en el cual se presentaban las restricciones laterales de los gasoductos existentes, en simultáneo con el cruce de camino y las alcantarillas a construir.

En la definición del trazado altimétrico, las situaciones particulares se dieron en los quiebres:

- Q1, Q2 y Q3, los cuales representan 3 cambios de pendiente en la zona de la Alcantarilla 0+250, debido a la altura de la misma, elevando la cota de la rasante.
- Q21, Q22 y Q23, los cuales representan 3 cambios de pendiente en la zona de la Alcantarilla 5+595, debido a la altura de la misma, elevando la cota de la rasante.

Luego de evaluar las variantes planteadas y de realizar algunas iteraciones, principalmente en los casos particulares descritos, se obtuvieron los vértices y quiebres del Trazado Definitivo.

Vértice	Angulo			Angulo Decimal	Progresiva	Coordenada X	Coordenada Y
	°	'	''				
V0	0	0	0	0.00	0+000.00	10017.424	10007.0094
V1	158	2	54	158.05	1+273.16	11285.4355	9885.7863
V2	160	13	42	160.23	1+399.05	11407.2108	9921.8366
V3	165	5	17	165.09	2+672.66	12679.7107	9848.8935

Vértice	Angulo			Angulo Decimal	Progresiva	Coordenada X	Coordenada Y
	°	'	''				
V4	179	39	4	179.65	3+316.05	13291.423	9647.858
V5	178	51	11	178.85	4+866.60	14761.4896	9154.7885
V6	178	38	38	178.64	5+032.52	14919.8276	9105.1838
V7	174	41	30	174.69	5+566.61	15425.6654	8933.464
V8	179	8	57	179.15	6+551.48	16325.0648	8531.9053
V9	167	43	4	167.72	6+917.26	16657.0637	8377.7236
V10	178	36	53	178.61	7+441.96	17169.3395	8262.9534
V11	167	50	55	167.85	8+019.69	17730.0093	8123.0253
V12	165	20	12	165.34	8+177.81	17872.2525	8053.1421
V13	171	38	2	171.63	9+380.71	19051.3066	7813.2326
V14	176	7	0	176.12	9+749.76	19419.9403	7793.041
V15	0	0	0	0.00	9+930.00	19600.707	7795.4014

Quiebre N°	Progresiva	Cota (m)
INICIO	0+000.00	23.71
Q1	0+158.07	23.57
Q2	0+249.81	24.87
Q3	0+377.53	23.61
Q4	0+563.00	24.47
Q5	1+020.99	25.34
Q6	1+900.00	25.34
Q7	1+986.99	25.53
Q8	2+350.00	25.91
Q9	2+549.27	25.91
Q10	2+800.00	26.00
Q11	2+998.62	26.17
Q12	3+200.00	26.11
Q13	3+400.00	25.59
Q14	3+700.00	25.02
Q15	3+928.57	24.76
Q16	4+200.00	24.96
Q17	4+500.00	24.86
Q18	4+800.00	24.91
Q19	4+950.00	25.06
Q20	5+150.00	24.74
Q21	5+450.00	24.88
Q22	5+595.36	25.08
Q23	5+937.31	24.87

Quiebre N°	Progresiva	Cota (m)
Q24	6+179.49	26.21
Q25	6+350.00	25.10
Q26	6+472.41	24.69
Q27	6+600.00	24.38
Q28	6+800.00	24.20
Q29	6+919.80	24.47
Q30	7+200.00	24.78
Q31	7+538.29	24.97
Q32	8+110.43	24.97
Q33	8+300.00	25.02
Q34	8+462.60	25.93
Q35	8+750.00	26.08
Q36	9+050.00	25.99
Q37	9+400.00	26.31
Q38	9+750.00	25.81
Q39	9+850.00	25.34
FIN	9+935.00	24.56

2.9 DISEÑO GEOMÉTRICO

El Diseño Geométrico es el proceso mediante el cual se relacionan a las características más visibles del camino con las leyes del movimiento, con las características de operación del vehículo y con la capacidad, defectos y psicología del conductor.

Mediante el diseño geométrico se busca lograr velocidades de conducción uniformes, disminuir la cantidad y la gravedad de ciertos tipos de accidentes y lograr un manejo libre de sorpresas y tensiones.

Estas premisas básicas se traducen en la práctica, en expresiones matemáticas, tablas, ábacos, criterios y procedimientos de cálculo, que permiten determinar el valor que deben adoptar los parámetros que controlan la forma del camino, tales como el radio de las curvas horizontales y verticales, la longitud de las transiciones de aquellas con los tramos rectos, las pendientes longitudinales, el ancho de los carriles, el ancho de las banquetas, la inclinación de los taludes y la cantidad de carriles entre otros.

2.9.1 Diseño Planimétrico

Una vez planteado el trazado definitivo, se da inicio al diseño de las diferentes curvas horizontales. En este proceso se tienen en cuenta además de las normas de diseño

geométrico, las interferencias, cruces y límites detectados en el relevamiento, factores que condicionaran el diseño.

2.9.1.1 Marco Teórico

2.9.1.1.1 Conceptos básicos aplicados al diseño geométrico

Velocidad Directriz (VD)

Es la máxima velocidad segura a la que puede transitar un conductor de habilidad media con un vehículo en buenas condiciones mecánicas, sobre un camino, bajo condiciones de bajo volumen de tránsito, buenas condiciones climáticas y visibilidad. Esta velocidad es la de proyecto.

Para la American Association of States Highway and Transports Officials (AASHTO) y también para las Normas Unificadas de Diseño Geométrico y Seguridad en las Carreteras de los países del Cono Sur, la VD se define para condición de calzada húmeda, si tal condición puede darse en la zona de proyecto.

Velocidad Media de Marcha (VMM)

Es el promedio de las velocidades de marcha de todos los vehículos que pasan por el tramo en consideración.

Las relaciones entre VD, volumen de tránsito y VMM para determinado tiempo y lugar se establecen mediante mediciones de campo, estudios estadísticos y análisis de tendencias.

Para condiciones de bajos volúmenes de tránsito, la relación entre VD y VMM considerada en las NDG se expresa a través de la fórmula empírica:

$$VMM = 1,035 * VD - \left(\frac{VD}{20}\right)^2$$

Distancia de Visibilidad (DV)

Es la longitud, medida sobre la trayectoria normal de marcha de una calzada, hasta donde el conductor de un automóvil puede ver la superficie de la calzada o una altura especificada por encima de la calzada, cuando la visibilidad no esté obstruida por el tránsito.

Se trata de una longitud continua; si el camino aparece y desaparece a la vista del conductor la distancia de visibilidad que interesa es la medida hasta la primera desaparición.

Al proyectar un camino de dos trochas hay que suministrar dos tipos de distancias de visibilidad. Una en la totalidad de la longitud del camino: de detención; y la otra a espacios regulares: de sobrepaso.

Distancia de Visibilidad de Detención (DVD)

Es la distancia que requiere el conductor de un vehículo que marcha a una velocidad dada para detenerlo por completo después que se hace visible un objeto sobre la calzada. Incluye la distancia recorrida durante los tiempos de percepción y reacción, y la distancia de frenado del vehículo.

Cuando el camino se encuentra en pendiente, la expresión que determina la distancia de detención es la siguiente:

$$D_1 = \frac{VD * t}{3,6} + \frac{VD^2}{254 * (f \pm i)}$$

Dónde:

D_1 : Distancia de detención, en m.

VD : Velocidad directriz, en Km/hora.

t : Tiempo de percepción y reacción.

f : Coeficiente de fricción longitudinal.

i : Valor absoluto de la pendiente.

Distancia de Visibilidad de Sobrepaso (DVS)

Es la que permite que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por su misma trocha sin peligro de interferir con la trayectoria de un tercer vehículo que avance en dirección contraria por la trocha opuesta y se haga visible al iniciar la maniobra.

No hay criterios rígidos para determinar la frecuencia y longitud de los tramos de sobrepaso ya que dependen de variables como volumen de tránsito, configuración topográfica, velocidad directriz y nivel de servicio deseado; es aconsejable proporcionar tantos tramos de sobrepaso como sea económicamente posible.

La expresión utilizada para su obtención es la siguiente:

$$D_2 = \frac{4}{75} V_1^2 + \frac{182}{45} V_1 + 32$$

Dónde:

D_2 : Distancia de sobrepaso, en metros.

V_1 : Velocidad del vehículo sobrepasado, en Km/h. De magnitud semejante a la velocidad media de marcha (VMM).

Coefficiente de Fricción Lateral (f)

Es la fuerza de reacción unitaria máxima que puede oponerse al deslizamiento lateral del vehículo. Depende principalmente de:

- Estado y condición de la calzada.
- Neumáticos.
- Velocidad.

La relación que liga el coeficiente de fricción lateral f de un vehículo que en una curva de radio R en metros y peralte p se mueve a una velocidad V en Km/h es la siguiente:

$$f = 0,007865 * \frac{V^2}{R} - p$$

Las Normas de Diseño Geométrico (NDG) adoptan para el proyecto la siguiente relación empírica:

$$f = 0,196 - 0,0007 * V$$

Concepto de Peralte (p)

Es la inclinación lateral que se le da a la calzada para contrarrestar parte o toda la fuerza centrífuga desarrollada cuando un vehículo recorre una trayectoria curva.

De acuerdo con los factores de topografía, condiciones climáticas y de operación, las NDG fijan los valores máximos de peralte de la siguiente forma:

- 10% zonas rurales montañosas, con heladas o nevadas poco frecuentes.
- 8% zonas rurales llanas, con heladas o nevadas poco frecuentes.
- 6% zonas próximas a las urbanas, con vehículos que operan a bajas velocidades, o en zonas rurales, llanas o montañosas, sujetas a heladas o nevadas frecuentes.

Estas limitaciones de orden práctico impuestas al aumento de peralte impiden compensar totalmente con el mismo la fuerza centrífuga en las curvas cerradas. Es necesario recurrir a la fricción para que, sumada al efecto del peralte, impida el deslizamiento lateral del vehículo hacia el exterior de la curva.

2.9.1.1.2 Radios Mínimos

Dada una cierta VD pueden determinarse distintos radios mínimos en función de la particular condición que deba satisfacer la curva horizontal.

Radio Mínimo Absoluto

Es el radio correspondiente a la condición límite de seguridad contra el deslizamiento lateral para la VD y el peralte máximo dados.

No ofrece seguridad a los vehículos que exceden la VD. Se obtiene a partir de la Planilla N°1 de las NDG.

Radio Mínimo Admisible

Es el radio correspondiente a la condición límite de seguridad contra el deslizamiento lateral para la VD y el peralte dados.

Coefficiente centrífugo = peralte + fricción lateral máxima

No ofrece seguridad a los vehículos que exceden la VD.

De acuerdo a los coeficientes de fricción lateral adoptados se determinan los radios mínimos de las curvas circulares para cada valor de peralte de acuerdo a la expresión:

$$R = 0,007865 * \frac{V^2}{p + f}$$

Radio Mínimo Deseable

Es el mayor de los dos radios que cumplen, cada uno, una de las siguientes condiciones:

- Para la VD y peralte máximo dados: permite el desarrollo de una fricción lateral igual a la mitad (convencional) de la fricción máxima.

$$R_{des1} = \frac{V^2}{127 * (p + \frac{f}{2})}$$

- En operación nocturna: permite iluminar objetos sobre la calzada a una distancia igual a la de visibilidad de detención para una velocidad igual al 90% de la VD.

Como por lo general la velocidad de los vehículos es menor durante la noche se considera suficiente adoptar la distancia de frenado correspondiente a 90% de la velocidad directriz.

Velocidad Directriz Km/hora	Radio mínimo deseable m
100	250
110	400
120	600
130	1200

Radios Mínimos para Quiebres de Alineamientos

Una regla práctica es proyectar el radio de la curva de modo que para recorrerla a la velocidad directriz se demore unos 10 – 12 segundos.

Los radios mínimos que evitan el aspecto desagradable de quiebres de alineamientos rectos con ángulos de tangentes pequeños se indican en la siguiente tabla (NDG).

RADIOS MÍNIMOS, EN METROS, DE CURVAS CIRCULARES A INTRODUCIR EN QUIEBRES DE ALINEACIONES, CON ÁNGULOS ENTRE TANGENTES COMPRENDIDOS ENTRE 1° Y 6°									
VELOCIDAD DIRECTRIZ Km/hora	Δ: ÁNGULO DE LAS TANGENTES								
	1°	1°30'	2°	2°30'	3°	3°30'	4°	5°	6°
30	8000	5000	4000	3000	2500	2000	1800	1200	1000
40	8000	5000	4500	3500	3000	2500	2000	1500	1200
50	10000	7000	5000	4000	3000	2500	2000	1800	1200
60	12000	7000	5000	4000	3500	3000	2500	1800	1500
70	12000	8000	6000	4500	4000	3000	2500	2000	1500
80	14000	8000	7000	5000	4000	3500	3000	2000	1800
90	15000	10000	7000	6000	4500	3500	3000	2500	1800
100	18000	10000	8000	6000	5000	4000	3500	2500	2000
110	18000	12000	8000	6000	5000	4500	3500	3000	2000
120	18000	12000	9000	7000	6000	4500	4000	3000	2500
130	20000	12000	9000	7000	6000	5000	4000	3000	2500
140	20000	14000	10000	8000	6000	5000	4500	3500	2500

Radio Mínimo que no exige Peralte

Cuando el coeficiente centrífugo para los vehículos que circulan a la velocidad directriz no supera el valor 0,015, se admite omitir el peralte y mantener el perfil normal de la calzada.

Aproximadamente resulta la expresión:

$$R = \frac{V^2}{127 * 0,015} = \frac{V^2}{1,905} \cong \frac{V^2}{2}$$

2.9.1.1.3 Radios máximos

Se establecen radios máximos deseables para evitar curvas horizontales excesivamente largas.

El siguiente cuadro proporciona, para cada ángulo al centro, los radios máximos que cumplen esta condición (NDG).

Ángulo de las tangentes (°)	Radios máximos deseables (m)
10°	20000
20°	10000
30°	7000
40°	5000
50°	4000
60°	3500
70°	3000
80°	2500
90°	2500
100°	2000

2.9.1.1.4 Sobreancho

Para que las curvas horizontales presenten las mismas condiciones de seguridad que las rectas cuando en ellas se cruzan dos vehículos que marchan en dirección contraria, es necesario introducir sobreanchos.

Para determinar la magnitud del sobreancho se elige un vehículo representativo del tránsito de la ruta. En base a las dimensiones de este vehículo, se obtiene la siguiente expresión, que permite el cálculo del sobreancho, en metros, de un camino de dos trochas:

$$S = R - 2 * \sqrt{R^2 - 59.45} + \sqrt{R^2 + 11.76} + \frac{VD}{10 * \sqrt{R}}$$

Dónde:

S : Sobreebancho en m.

R : Radio de la curva en m.

VD : Velocidad directriz en Km/h.

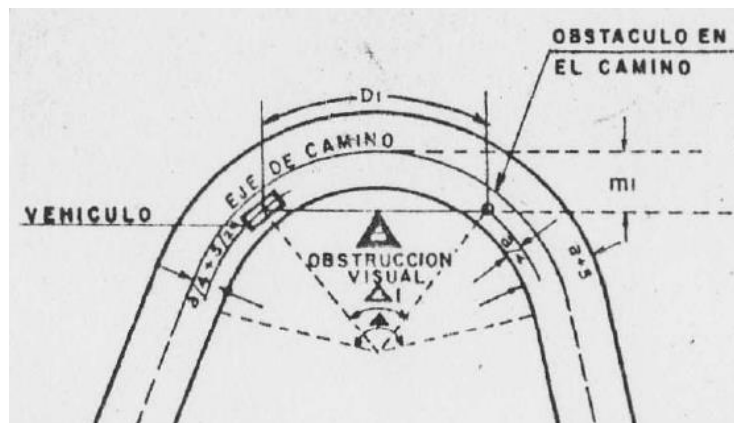
Por razones prácticas no se proporciona sobreebancho a las curvas, cuando su cálculo arroje un valor inferior a 0,50m.

2.9.1.1.5 Visibilidad en curvas horizontales

A lo largo de todo el proyecto se debe contar, por lo menos, con la distancia mínima de visibilidad de detención correspondiente a la velocidad directriz.

En el caso de curvas horizontales, la visual del conductor dirigida a un punto de la curva ubicado a la distancia de detención con respecto al vehículo pasa por el interior de la curva.

La presencia de obstrucciones a dicha visual puede constituir un peligro para el tránsito.



Las NDG indican mediante tablas para caminos de dos trochas con rasante de pendiente uniforme y longitud de la curva horizontal mayor que la distancia de frenado, las distancias mínimas (medidas desde el centro de la calzada en curva en dirección al radio) a las que deben encontrarse las obstrucciones laterales, cuya altura sobre la rasante sea superior al valor indicado en las mismas tablas.

Analíticamente la distancia m_1 se puede calcular con la siguiente expresión:

$$m_1 = \left(R - \frac{a}{4} - \frac{s}{2} \right) * \left\{ 1 - \cos \left[\frac{90}{\pi} * \frac{D_1}{\left(R - \frac{a}{4} - \frac{s}{2} \right)} \right] \right\} + \frac{a}{4} + \frac{s}{2}$$

2.9.1.1.6 Determinación del peralte

Es conveniente proyectar de modo que en las curvas abiertas se utilice parte de la fricción manteniendo su valor por debajo del máximo empleado en las curvas cerradas.

Según las NDG, para radios mayores que los mínimos, el peralte se calcula de manera que contrarreste totalmente la fuerza centrífuga (fricción nula) que actúa sobre los vehículos que circulan a la velocidad media de marcha para la velocidad directriz dada.

Resulta:

$$p = \frac{VMM^2}{127 * R}$$

Dónde:

p : peralte

VMM: Velocidad Media de Marcha en Km/h

R: Radio de Curvatura en m.

El procedimiento del Ing. Barnett, calcula el peralte para contrarrestar totalmente la fuerza centrífuga que actúa sobre los vehículos que circulan a una velocidad igual al 75% de la velocidad directriz.

$$p = \frac{(0.75 * VD)^2}{127 * R} \approx 0.56 * \frac{VD^2}{127 * R}$$

Dónde:

p : Peralte

VD: Velocidad Directriz en Km/h

R: Radio de Curvatura en m.

Las normas brasileñas y el proyecto de Normas Unificadas (NU) de Diseño Geométrico de los Países del Cono Sur establecen la relación entre el peralte y los radios superiores al mínimo mediante la siguiente:

$$p = p_{max} * \left(\frac{2 * R_{min}}{R} - \frac{R_{min}^2}{R^2} \right)$$

Dónde:

p : Peralte (%)

p_{max} : Peralte máximo (%)

R_{min} : Radio de curvatura mínimo en m

R : Radio de curvatura en m

2.9.1.1.7 Curvas circulares

Son las más fáciles de dibujar, calcular, y replantear.

Al recorrerlas a velocidad constante, todas presentan el problema de la aparición o variación brusca de la aceleración centrífuga en el punto de empalme con la recta o con otra curva circular. En altas velocidades tal fenómeno resulta molesto y puede poner en peligro la seguridad de los pasajeros de los vehículos.

2.9.1.1.8 Curvas circulares sin transición

Para determinar el radio mínimo que no requiere curva de transición se aplica la fórmula:

$$R = \frac{VD^2}{10}$$

Dónde:

R : Radio de curvatura mínimo que no requeriría transición.

VD : Velocidad directriz fijada.

La tendencia actual en el proyecto planimétrico de calzadas principales es admitir la supresión de la transición solamente cuando la curva no requiere peralte. Por lo tanto la formula resulta:

$$R = \frac{VD^2}{2}$$

2.9.1.1.9 Curvas de Transición

Un vehículo no puede efectuar, sin una cierta transición continua, el cambio del tipo de movimiento que se origina al aparecer, desaparecer o variar instantáneamente la aceleración centrífuga en cada punto de unión entre dos elementos distintos del alineamiento horizontal (recta y curva circular; dos curvas circulares de distinto radio; o dos rectas de direcciones distintas).

Con la ausencia o insuficiencia de los arcos de transición, la maniobra se torna peligrosa. La única forma de conseguir una marcha uniforme, cómoda y segura se logra empleando adecuadas curvas de transición, expresamente proyectadas. Además, la curva de transición permite un desarrollo elegante del peralte y del sobreancho.

De acuerdo con las NDG los criterios a considerar para la elección de la curva de transición son:

- Comodidad dinámica.
- Apariencia general.
- Apariencia de borde (o velocidad de rotación del peralte).
- Guiado óptico.

Criterio de Comodidad Dinámica

Se basa en la obtención de una variación de la aceleración centrífuga en función del tiempo (A en m/seg^3) a tasa uniforme y cómoda.

Se establece un valor de $A=0.45 m/seg^3$ como aceptable.

Adoptando como transición la espiral de Euler o clotoide y en el caso en que, en cada uno de sus puntos, el peralte sea proporcional al desarrollo de la curva se llega a que la longitud necesaria está dada por:

$$Le = 6 * VD * \left(\frac{VD^2}{127 * R} - p \right)$$

Dónde:

Le : Longitud de transición.

VD : Velocidad directriz en Km/h.

R : Radio de la curva circular en m.

p : Peralte de la curva circular.

Criterio de Apariencia General

Consiste en que la transición debe tener una longitud suficiente para que el conductor la distinga visualmente y gire el volante suavemente y con seguridad.

Para satisfacer este criterio se considera que la transición debe tener una longitud mínima tal que un vehículo marchando a la velocidad directriz tarde unos 2 segundos en recorrerla.

$$Le = \frac{VD}{1.8}$$

Dónde:

Le : Longitud de transición.

VD : Velocidad Directriz en Km/h.

Criterio de Apariencia de Borde

La transición debe tener una longitud suficiente para poder desarrollar adecuadamente el peralte sobre ella.

En consecuencia, la longitud mínima surge de la pendiente relativa máxima a dar al borde exterior de la curva de transición con respecto al eje de la calzada.

Se han adoptado los siguientes valores máximos de la pendiente relativa de los bordes de la calzada respecto al eje $i_t(\%) = 40/V$. Se verifica que, a mayor velocidad directriz, menor resulta el quiebre de pendientes admisible.

Resulta la siguiente expresión simplificada:

$$Le = 1.25 * (ac + S) * p * VD \approx p * \frac{VD}{10} * 100$$

Dónde:

Le : Longitud de transición.

ac : Ancho en m.

S : Sobreechancho en m.

p : Peralte.

VD : Velocidad Directriz en Km/h.

Criterio de Guiado Óptico

Para que la curva de transición sea visualmente significativa el giro efectuado sobre ella debe ser del orden de los 3° . En la espiral (clotoide) el ángulo de giro está dado por la expresión:

$$\theta = \frac{90 * Le}{\pi * R} = 3^\circ$$

Despejando y operando resulta:

$$Le \approx \frac{R}{10}$$

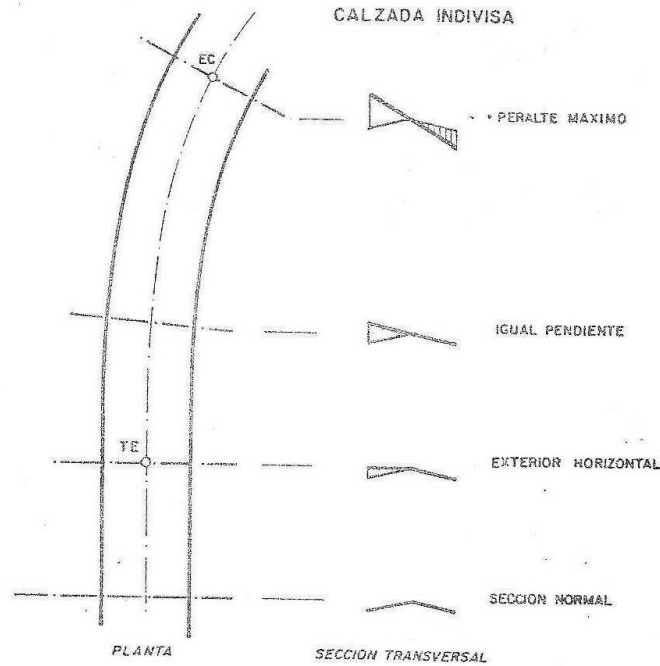
2.9.1.1.10 Transición del peralte

Se denomina transición del peralte a la modificación del perfil de la calzada para pasar del perfil normal en recta, al perfil peraltado en curva.

Cualquiera sea el método para efectuar la transición del peralte, en todos ellos, en el comienzo de la curva de transición (punto TE), la mitad exterior de la calzada deberá ser horizontal, con el objeto de que en ningún punto de la curva la calzada tenga peralte negativo.

Los métodos de transición del peralte se distinguen según sea la línea elegida como eje de giro: eje de calzada, borde interno, borde externo. En la mayoría de los casos se emplea el primero.

En la siguiente Figura se esquematizan las secciones transversales correspondientes a distintos puntos de la transición del peralte, con eje de giro el eje de calzada.



2.9.1.1.11 Tratamiento de la banquina externa

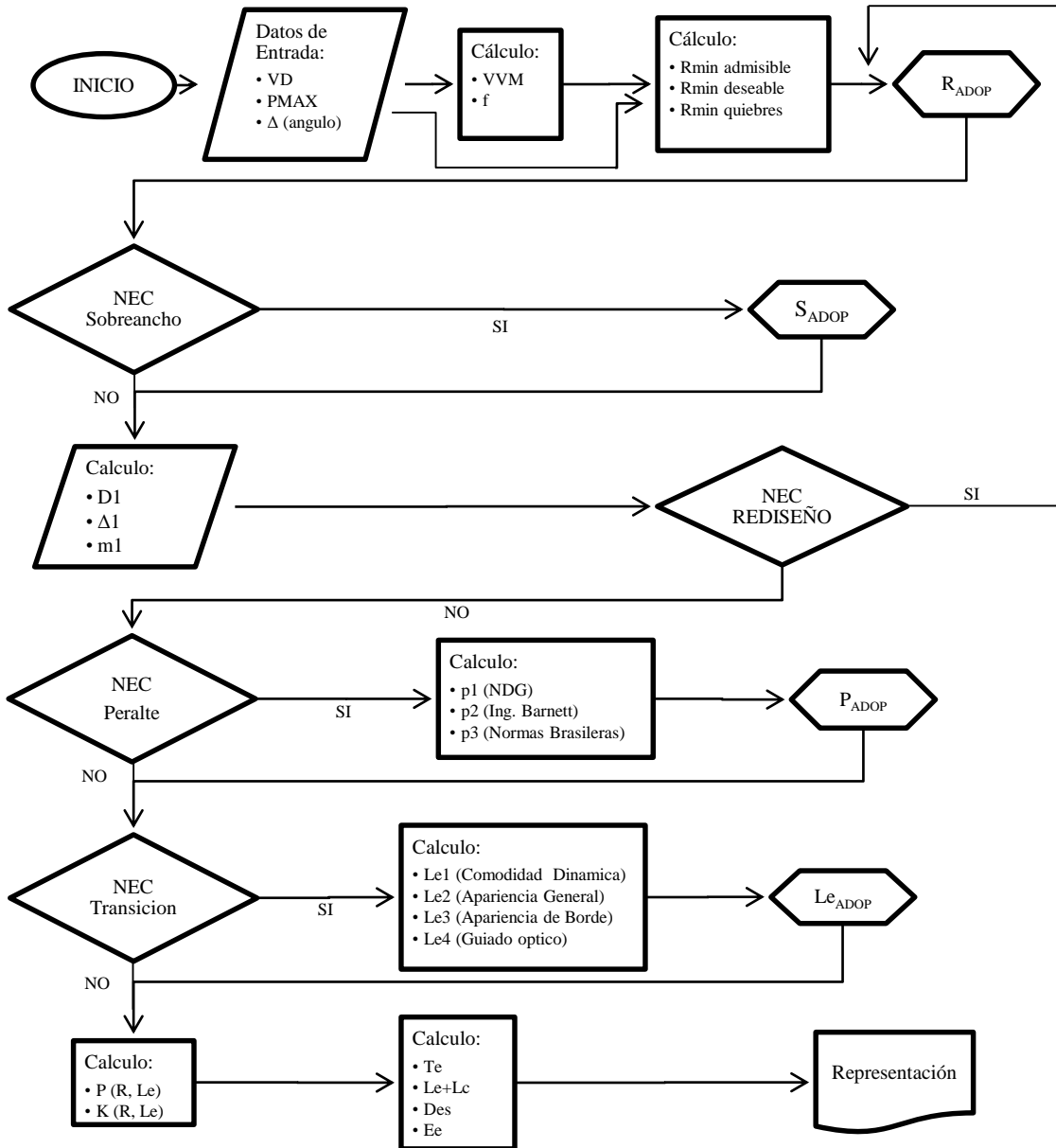
Hay opiniones bastante contrapuestas con respecto al tratamiento a dar a la banquina externa de la curva peraltada. Las posiciones extremas son:

- La que considera que para la seguridad del vehículo accidentalmente desviado que circule por ella, debe dársele a la banquina externa el mismo peralte que a la trocha adyacente.
- Aquella que considera que las banquetas no se proyectan para circular sino para permitir el seguro y cómodo estacionamiento temporario de los vehículos accidentalmente detenidos. De modo que se les da:
 - En el exterior de las curvas, una pendiente hacia afuera del 4% para peraltes de la trocha adyacente hasta el 3%.
 - Para peraltes mayores y hasta 5% se mantiene la diferencia relativa del 7%.
 - Para peraltes mayores del 5% se cambia la pendiente de la banquina, 2% hacia adentro.

2.9.1.2 Proceso de Diseño

Basándose en todos los conceptos descritos anteriormente, se confecciona una planilla de cálculo, en la que se ingresan los datos conocidos, y aplicando los diferentes criterios

se obtienen los parámetros geométricos que tendrán las distintas curvas horizontales a lo largo de la traza. La secuencia se resume en el siguiente diagrama de flujo:



Como se observa en el Diagrama de Flujo, la planilla de cálculo consta de distintas etapas de cálculo y verificación de parámetros, partiendo de los datos de entrada (VD, p_{max}, Δ):

- 1) Se calcula la Velocidad Media de Marcha (VMM) y el coeficiente de fricción lateral (f), y en función de sus valores se determinan los Radios Mínimos

Admisibles y Deseables para las quiebras con ángulos mayores a 6°, y para los ángulos menores se obtienen los radios mínimos de la tabla N°6 de las NDG.

- 2) A partir de la VD y el radio adoptado, se calcula el sobreancho necesario, y en función del valor obtenido se establece si es considerado o no en el diseño.
- 3) Luego se calculan los indicadores para la verificación de visibilidad de detención por obstrucciones laterales. De no verificarse la condición, se rediseña, sino se sigue con el proceso.
- 4) A continuación, se calculan los peraltes mínimos de acuerdo a los distintos criterios de las NDG, del Ing. Barnett y de las normas brasileras.
- 5) Se adopta un valor para el peralte teniendo en cuenta los criterios y también cuestiones constructivas (ancho del galibo resultante, zona disponible de camino, interferencias, etc.) y se prosigue con la determinación de la longitud de transición espiral de acuerdo a los diferentes criterios.
- 6) Por último, se adopta la Longitud de transición espiral y se determinan los parámetros para la representación final de las curvas

A partir de los diseños preliminares planteados, se hacen los correspondientes replanteos en campo de los ejes y bordes de camino y taludes, para evaluar y elegir las mejores alternativas.

Una vez finalizado este proceso se obtiene el diseño planimétrico final.

A continuación, se muestra la planilla de cálculo con las curvas definitivas.

Vert	Progr	Angulo	Δ (°)	Vd (Km/h)	p max	VMM (Km/h)	f	Rmin adm. (m)	Rmin des. (m)	Rmin des. (m)	Rmin Quiebras (m)	R adop (m)
V1	1+273.16	158.05	22.0 °	40	0.08	37.4	0.168	50.80	76.82	250		260
V2	1+399.05	160.23	19.8 °	40	0.08	37.4	0.168	50.80	76.82	250		260
V3	2+672.66	165.08	14.9 °	60	0.08	53.1	0.154	121.14	180.55	250		600
V4	3+316.05	179.65	0.3 °	60	0.08	53.1	0.154				12000	12000
V5	4+866.60	178.85	1.2 °	60	0.08	53.1	0.154				7000	8000
V6	5+032.52	178.65	1.3 °	60	0.08	53.1	0.154				7000	8000
V7	5+566.61	174.68	5.3 °	60	0.08	53.1	0.154				1800	3000
V8	6+551.48	179.15	0.8 °	60	0.08	53.1	0.154				12000	12000
V9	6+917.26	167.72	12.3 °	60	0.08	53.1	0.154	121.14	180.55	250		600
V10	7+441.96	178.62	1.4 °	60	0.08	53.1	0.154				7000	8000
V11	8+019.69	167.85	12.2 °	40	0.08	37.4	0.168	50.80	76.82	250		300
V12	8+177.81	165.33	14.7 °	40	0.08	37.4	0.168	50.80	76.82	250		300
V13	9+380.71	171.63	8.4 °	60	0.08	53.1	0.154	121.14	180.55	250		600
V14	9+749.76	176.12	3.9 °	60	0.08	53.1	0.154				2500	3000

Vert	Sobre ancho		Verificación Visibilidad de Detención						
	s (m)	s adop (m)	t	f	D1	ac	$\Delta 1$ (°)	m1	REVISAR DISEÑO
V1	0.499	0.00	2.8	0.52	43.22	6.7	9.525	2.579	NO
V2	0.499	0.00	2.8	0.52	43.22	6.7	9.525	2.579	NO
V3	0.354	0.00	2.6	0.48	72.86	6.7	6.958	2.784	NO

Vert	Sobre ancho		Verificación Visibilidad de Detención						
	s (m)	s adop (m)	t	f	D1	ac	ΔI (°)	mI	REVISAR DISEÑO
V4	0.060	0.00	2.6	0.48	72.86	6.7	0.348	1.730	NO
V5	0.075	0.00	2.6	0.48	72.86	6.7	0.522	1.758	NO
V6	0.075	0.00	2.6	0.48	72.86	6.7	0.522	1.758	NO
V7	0.131	0.00	2.6	0.48	72.86	6.7	1.392	1.896	NO
V8	0.060	0.00	2.6	0.48	72.86	6.7	0.348	1.730	NO
V9	0.354	0.00	2.6	0.48	72.86	6.7	6.958	2.784	NO
V10	0.075	0.00	2.6	0.48	72.86	6.7	0.522	1.758	NO
V11	0.449	0.00	2.8	0.52	43.22	6.7	8.255	2.458	NO
V12	0.449	0.00	2.8	0.52	43.22	6.7	8.255	2.458	NO
V13	0.354	0.00	2.6	0.48	72.86	6.7	6.958	2.784	NO
V14	0.131	0.00	2.6	0.48	72.86	6.7	1.392	1.896	NO

Vert	Criterios peralte					Criterios Long. Espiral					
	Nec. Peralte	p1 (%)	p2 (%)	p3 (%)	p adop (%)	Nec. Transic.	Le 1	Le 2	Le 3	Le 4	Le adop (m)
V1	SI	4.2%	2.7%	2.8%	3.0%	SI	4.43	22.22	12.00	26.00	25.00
V2	SI	4.2%	2.7%	2.8%	3.0%	SI	4.43	22.22	12.00	26.00	25.00
V3	SI	3.7%	2.6%	2.9%	3.0%	SI	6.21	33.33	18.00	60.00	90.00
V4	NO					NO					
V5	NO					NO					
V6	NO					NO					
V7	NO					NO					
V8	NO					NO					
V9	SI	3.7%	2.6%	2.9%	3.0%	SI	6.21	33.33	18.00	60.00	60.00
V10	NO					NO					
V11	SI	3.7%	2.4%	2.5%	3.0%	SI	2.88	22.22	12.00	30.00	30.00
V12	SI	3.7%	2.4%	2.5%	3.0%	SI	2.88	22.22	12.00	30.00	30.00
V13	SI	3.7%	2.6%	2.9%	3.0%	SI	6.21	33.33	18.00	60.00	60.00
V14	NO					NO					

Vert	Parámetros de cálculo Representación					
	P	K	Te (m)	Le+Lc (m)	Des (m)	Ee (m)
V1	0.10	12.50	62.94	99.61	124.61	4.95
V2	0.10	12.50	57.82	89.70	114.70	4.02
V3	0.56	44.99	123.61	156.21	246.21	5.69
V4	0.00	0.00	36.65	73.30	73.30	0.06
V5	0.00	0.00	80.29	160.57	160.57	0.40
V6	0.00	0.00	94.25	188.50	188.50	0.56
V7	0.00	0.00	139.29	278.38	278.38	3.23
V8	0.00	0.00	89.01	178.02	178.02	0.33
V9	0.25	30.00	94.59	128.63	188.63	3.72
V10	0.00	0.00	96.58	193.15	193.15	0.58
V11	0.13	15.00	46.94	63.62	93.62	1.82
V12	0.13	15.00	53.62	76.79	106.79	2.60
V13	0.25	30.00	73.90	87.62	147.62	1.85
V14	0.00	0.00	101.70	203.33	203.33	1.72

2.9.2 Diseño Altimétrico

Una vez definida la planimetría se plantean las alternativas de diseño de la rasante, teniendo en cuenta los parámetros de diseño, las secciones de alcantarillas definidas, las cotas y pendientes de desagüe. Luego se evalúan los volúmenes de suelo correspondientes a las distintas alternativas, y se realiza la evaluación de la mejor propuesta técnica económica.

2.9.2.1 Marco Teórico

2.9.2.1.1 Generalidades

La rasante del camino es una línea que representa en un plano las cotas, elevaciones o niveles de los puntos de la línea de referencia de la calzada.

La diferencia entre la cota de un punto de la rasante y la cota del punto del terreno natural ubicado sobre la misma vertical, se denomina cota roja o diferencia. Si la cota roja es positiva, el camino se desarrolla en terraplén, si es negativa, en desmonte.

2.9.2.1.2 Factores que influyen en el trazado de la rasante

El trazado de la rasante está influenciado por distintos factores, algunos de los cuales tienen efectos contrapuestos.

En términos generales puede decirse que, a igualdad de topografía, la forma de la rasante será más suave y tendida y su posición más alta, cuanto mayor sea el volumen del tránsito previsto.

Teniendo presente la relatividad de toda clasificación de los factores y que un mismo factor puede influir en varios aspectos a la vez, se establece la siguiente división como guía:

Técnico-Funcionales y de Seguridad

Son los factores que determinan principalmente la forma de la rasante.

La suavidad y armónica combinación de pendientes y curvaturas dependerá de los factores básicos: tránsito y topografía que se expresan a través de la velocidad directriz (VD). Otros factores importantes son: presencia de agua, desagüe, puntos de control y procedimientos constructivos.

Económicos

El trazado de la rasante afecta los costos de construcción, mantenimiento, operación, tiempo de viaje y accidentes. Normalmente ocurre que a mejores condiciones geométricas aumentan los costos de construcción y disminuyen los de operación, tiempo de operación o viaje y accidentes.

Estéticos

Deben evitarse continuos quiebres del perfil, ya sean reales o aparentes, y las curvas verticales deben ser de longitudes visualmente apreciables. Son desagradables las desapariciones y apariciones de la calzada a los ojos del conductor, con aparición gradual y continua a su vista.

Un camino agradable a la vista, además de sus valores estéticos, proporciona ventajas utilitarias al permitir a los conductores un manejo distendido y una circulación previsible, libre de sorpresas, con beneficios sobre la seguridad y la capacidad del camino.

Ponderación de factores

Actualmente hay consenso en que, para el proyecto de caminos, los factores deben considerarse en el siguiente orden de prioridad:

- Técnicos
- Funcionales
- Seguridad
- Económicos
- Estéticos

2.9.2.1.3 Pendientes

La inclinación de la rasante en un punto dado, se denomina pendiente longitudinal, su valor está dado por la tangente trigonométrica del ángulo de inclinación y se expresa en %. En el sentido de las progresivas las inclinaciones ascendentes son positivas (rampas) y las descendentes negativas (pendientes).

La inclinación del plano del camino es un factor que influye en distintos aspectos: costos, operación, seguridad, estética.

La influencia sobre la operación se hace sentir más fuertemente sobre la velocidad de los camiones que sobre los automóviles.

En cuanto al aspecto seguridad hay evidencias que los accidentes aumentan con las pendientes mayores.

Con respecto al aspecto estético el proyecto debe tender a realizar un perfil fluido, cuyas pendientes se confundan con las del terreno y armonicen con el paisaje sin bruscos cambios.

Por otra parte, puede ser necesario limitar las pendientes mínimas por los requerimientos del drenaje y de las técnicas constructivas.

Pendiente Máxima

Las pendientes máximas absolutas se establecen según el límite al cual el camino puede ser operable bajo condiciones extremas. Donde se produzcan intolerables reducciones de la velocidad, aumento de los costos de operación, disminución de la capacidad y generación de conflictos y riesgos de accidentes, deben considerarse valores máximos menores.

Las normas de pendientes, dentro de ciertos máximos y mínimos, son flexibles. Si las pendientes son más suaves, los cambios de velocidad y los costos de operación son reducidos, las diferencias de velocidad entre los vehículos más lentos y los más rápidos son menores, no hay fricción en la corriente de tránsito y el peligro de accidentes se reduce. Por otro lado, por norma general, las pendientes más suaves requieren cortes más profundos y terraplenes más altos, lo que incrementa la cantidad y costo del movimiento de suelo.

Pendiente Mínima

Los tramos de rasante horizontal de las calzadas sin cordones son inobjetables siempre que no provoquen problemas de desagüe longitudinal. En una larga sección en desmonte conviene darle pendiente a la rasante para facilitar el proyecto del desagüe de las cunetas.

En general, las cunetas laterales requieren pendientes más empinadas que la de la rasante para un adecuado desagüe.

2.9.2.1.4 Quiebres que no requieren curvas verticales

Teniendo en cuenta la comodidad de los viajeros y la apariencia estética de la rasante, las NDG indican, en función de la VD, los valores máximos de Δ_i para los cuales no es necesario introducir curvas verticales en los quiebres convexos y cóncavos.

- Para $VD \leq 80$ kph: $\Delta i (\%) = 0,5$
- Para $VD > 80$ kph: $\Delta i (\%) = 40/VD$

2.9.2.1.5 Curvas Verticales

Por simplicidad de cálculo, en la práctica vial es generalizado el uso de la parábola cuadrática, la cual se aproxima bastante a la curva circular dentro de los rangos usuales de curvaturas y pendientes.

En el proyecto de las curvas verticales deben tomarse en consideración los siguientes aspectos:

- Seguridad (visibilidad)
- Comodidad (fuerza centrífuga)
- Apariencia estética
- Drenaje

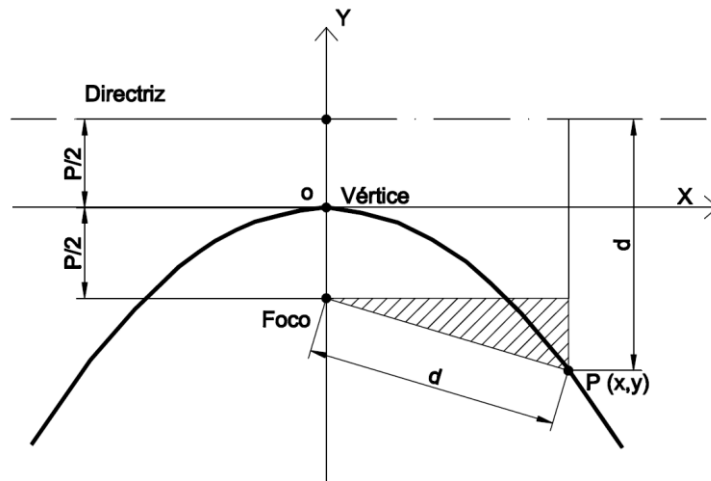
Teniendo en cuenta estos aspectos y de acuerdo con la VD del proyecto, las Normas de Diseño Geométrico (NDG) establecen las curvaturas máximas absolutas y mínimas para las curvas verticales convexas y cóncavas.

2.9.2.1.6 Parábola Cuadrática

Se denomina parábola al lugar geométrico de los puntos del plano que equidistan de un punto fijo, llamado foco y de una recta fija llama directriz.

La distancia del foco a la directriz se denomina parámetro y se designa con la letra P.

La recta normal a la directriz que pasa por el foco se denomina eje de la parábola; el punto en que la parábola se hace tangente al eje x se denomina vértice.



El parámetro P determina el “tamaño” de la parábola; cuanto mayor sea P más “grande y extendida” va a ser la curva (menor curvatura y mayor radio de curvatura).

2.9.2.1.7 Parámetros mínimos de las curvas verticales

Las ondulaciones de la rasante, motivadas por el debido sometimiento a la topografía del terreno en virtud del factor económico, influyen sobre la seguridad de operación, la comodidad y confort de los viajeros, la apariencia estética del camino y el drenaje superficial de la calzada.

Cuanto más amplias y tendidas son las curvas verticales, más se benefician las condiciones de seguridad, comodidad y apariencia. La contrapartida es un mayor costo de construcción y dificultades en el drenaje cuando se usan cordones.

Las convexidades en operación diurna y nocturna, y las concavidades en operación nocturna constituyen restricciones a la visibilidad de los conductores de los vehículos.

En resguardo de la seguridad de operación, las curvas verticales deben proporcionar una distancia de visibilidad por lo menos igual a la de detención.

Las curvas verticales muy cortas dan la sensación de un quiebre en el perfil. Esto es muy notable en las curvas cóncavas debido al efecto de representación gráfica, Las curvas largas, adecuadamente coordinadas con el alineamiento horizontal, tienen una apariencia más agradable.

Para la comodidad de los viajeros, la fuerza centrífuga vertical y el grado de su variación deben mantenerse dentro de ciertos límites.

Apariencia estética de la rasante

Para que la rasante presente un aspecto agradable las NDG establecen, para las curvas verticales convexas y cóncavas una longitud mínima en función de la VD:

$$L_{min}[m] = 0.7 * VD$$

Fijan además en 400 el valor del límite inferior de los parámetros:

$$P_{min} = \frac{70 * VD(Km/h)}{\Delta i(\%)} = 400$$

Comodidad de los viajeros

Dado que las NDG consideran una aceleración radial máxima de 0,30 m/seg² para el proyecto de las curvas verticales convexas y cóncavas resulta:

$$P_{min} = 0.25 * VD^2 (Km/h)$$

Seguridad de operación

Las NDG establecen, en función de VD e i, los parámetros mínimos de las curvas verticales convexas y cóncavas que proporcionan distancias de visibilidad adecuadas para las condiciones expresadas en el Cuadro II.

Curva	Operación	Velocidad	Dist. Visibil.	P. mínimo	Tabla N°(*)
Convexa	Diurna	VD	Detención	Absoluto	9
	Nocturna	0,9 VD	Detención		
	Nocturna	VD	Detención	Deseable	10
Cóncava	Diurna	VD	Detención		11
	Nocturna	0,9 VD	Detención	Absoluto	12
	Nocturna	VD	Detención	Deseable	13
	Diurna	VD	S/p b°/est.		14

Cuadro II.

Los valores expresados en estas tablas, se determinan de manera analítica, a partir de definir los parámetros para un vehículo tipo, para las distintas situaciones de operación.

A su vez se define una condición límite para la cual la longitud de la curva vertical (L) es igual a la distancia de detención (D) para las diferentes situaciones.

$$i_L = \text{Valor de } \Delta i \text{ limite para el cual } L = D$$

A partir de este parámetro, y comparándolo con la diferencia de pendiente del quiebre Δi se calculan los parámetros mínimos para cada criterio.

	Curva convexa	Curva Cóncava
Absolutos Operación Diurna	$i_L = \frac{4.48}{D_1}$	No hay problemas de visibilidad en operación diurna. Prevalecen condiciones de operación nocturna.
	$P = \frac{2D_1}{\Delta i} - \frac{4.48}{\Delta i^2}; \quad \Delta i > i_L$	
	$P = \frac{D_1^2}{4.48}; \quad \Delta i < i_L$	
Absolutos operación nocturna	$i_L = \frac{3.14}{D_1}$	$i_L = \frac{1.3}{D_1'} + 0.035$
	$P = \frac{2D_1'}{\Delta i} - \frac{3.14}{\Delta i^2}; \quad \Delta i > i_L$	$P = \frac{2D_1'}{\Delta i} - \frac{1.3 + 0.035 * D_1'}{\Delta i^2}; \quad \Delta i > i_L$
	$P = \frac{D_1'^2}{3.14}; \quad \Delta i < i_L$	$P = \frac{D_1'^2}{1.3 + 0.035 * D_1'}; \quad \Delta i < i_L$
Deseables	$i_L = \frac{3.14}{D_1}$	$i_L = \frac{1.3}{D_1} + 0.035$
	$P = \frac{2D_1}{\Delta i} - \frac{3.14}{\Delta i^2}; \quad \Delta i > i_L$	$P = \frac{2D_1}{\Delta i} - \frac{1.3 + 0.035 * D_1}{\Delta i^2}; \quad \Delta i > i_L$
	$P = \frac{D_1^2}{3.14}; \quad \Delta i < i_L$	$P = \frac{D_1^2}{1.3 + 0.035 * D_1}; \quad \Delta i < i_L$
Permiten el sobrepaso	$i_L = \frac{9.58}{D_2}$	$i_L = \frac{26.4}{D_2}$
	$P = \frac{2D_2}{\Delta i} - \frac{9.58}{\Delta i^2}; \quad \Delta i > i_L$	$P = \frac{2D_2}{\Delta i} - \frac{26.4}{\Delta i^2}; \quad \Delta i > i_L$
	$P = \frac{D_2^2}{9.58}; \quad \Delta i < i_L$	$P = \frac{D_2^2}{26.4}; \quad \Delta i < i_L$

Dónde:

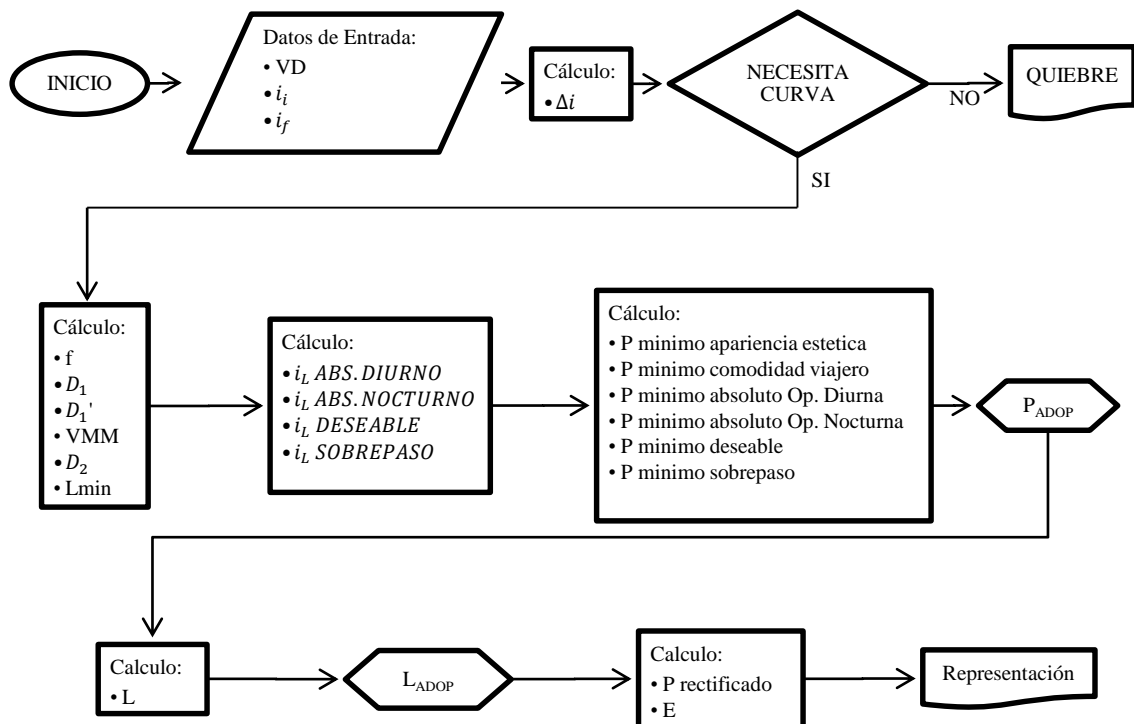
D_1 : Distancia de detención en operación diurna

D_1' : Distancia de detención en operación nocturna para un 90% VD.

D_2 : Distancia de Sobrepaso

2.9.2.2 Proceso de Diseño

Basándose en todos los conceptos descriptos anteriormente, se confecciona una planilla de cálculo, en el que se ingresan los datos conocidos, y aplicando los diferentes criterios se obtienen los parámetros geométricos que tendrán las distintas curvas verticales a lo largo de la traza. La secuencia se resume en el siguiente diagrama de flujo:



Como se observa en el Diagrama de Flujo, la planilla de cálculo consta de distintas etapas de cálculo y verificación de parámetros, partiendo de los datos de entrada (VD, i_i, i_f):

- 1) Se calcula la diferencia de pendiente Δi , y en función de su valor se determina la necesidad o no de la curva vertical
- 2) Para el caso de necesidad de la curva vertical, el paso siguiente es establecer el tipo de curva, y calcular los valores de (f, D_1, D_1', VMM, D_2 y $Lmin$), para luego determinar los indicadores iL Absolutos, Deseable y de Sobrepaso y finalmente obtener los Parámetros mínimos (P) de acuerdo a los distintos criterios.
- 3) Se adopta un Parámetro (P) que cumpla en lo posible con todos los criterios, salvo que alguno de ellos implique diseñar una curva demasiado extensa. En esos casos, se descarta el que implique un exceso y se adopta el inmediatamente inferior.
- 4) Por último, se establece una longitud de curva de valor entero, y se calcula el Parámetro rectificado, y la externa (E) para su representación final.

A continuación, se muestra la planilla de cálculo.

Quiebre N°	Vd (Km/h)	Progr	Cota (m)	i ₁ (%)	i ₂ (%)	Ai (%)	Nec. Curva	Tipo de curva	t (seg)	f	D1 (m)	D1' (m)	VMM	D2 (m)
INICIO	60	0+000.00	23.71				NO							
Q1	60	0+158.07	23.57	-0.09%	1.42%	1.50%	SI	CONCAVA	2.50	0.35	80.59	74.04	53.10	395.96
Q2	60	0+249.81	24.87	1.42%	-0.98%	2.40%	SI	CONVEXA	2.50	0.35	83.33	72.53	53.10	395.96
Q3	60	0+377.53	23.61	-0.98%	0.46%	1.44%	SI	CONCAVA	2.50	0.35	81.64	75.00	53.10	395.96
Q4	60	0+563.00	24.47	0.46%	0.19%	0.27%	NO							
Q5	60	1+020.99	25.34	0.19%	0.00%	0.19%	NO							
Q6	60	1+900.00	25.34	0.00%	0.22%	0.22%	NO							
Q7	60	1+986.99	25.53	0.22%	0.10%	0.12%	NO							
Q8	60	2+350.00	25.91	0.10%	0.00%	0.10%	NO							
Q9	60	2+549.27	25.91	0.00%	0.04%	0.04%	NO							
Q10	60	2+800.00	26.00	0.04%	0.09%	0.05%	NO							
Q11	60	2+998.62	26.17	0.09%	-0.03%	0.12%	NO							
Q12	60	3+200.00	26.11	-0.03%	-0.26%	0.23%	NO							
Q13	60	3+400.00	25.59	-0.26%	-0.19%	0.07%	NO							
Q14	60	3+700.00	25.02	-0.19%	-0.11%	0.08%	NO							
Q15	60	3+928.57	24.76	-0.11%	0.07%	0.19%	NO							
Q16	60	4+200.00	24.96	0.07%	-0.03%	0.11%	NO							
Q17	60	4+500.00	24.86	-0.03%	0.02%	0.05%	NO							
Q18	60	4+800.00	24.91	0.02%	0.10%	0.08%	NO							
Q19	60	4+950.00	25.06	0.10%	-0.16%	0.26%	NO							
Q20	60	5+150.00	24.74	-0.16%	0.05%	0.20%	NO							
Q21	60	5+450.00	24.88	0.05%	0.14%	0.09%	NO							
Q22	60	5+595.36	25.08	0.14%	-0.06%	0.20%	NO							
Q23	60	5+937.31	24.87	-0.06%	0.55%	0.61%	SI	CONCAVA	2.50	0.35	81.54	74.01	53.10	395.96
Q24	60	6+179.49	26.21	0.55%	-0.65%	1.20%	SI	CONVEXA	2.50	0.35	82.93	73.38	53.10	395.96
Q25	60	6+350.00	25.10	-0.65%	-0.33%	0.32%	NO							
Q26	60	6+472.41	24.69	-0.33%	-0.25%	0.09%	NO							
Q27	60	6+600.00	24.38	-0.25%	-0.09%	0.16%	NO							
Q28	60	6+800.00	24.20	-0.09%	0.23%	0.32%	NO							
Q29	60	6+919.80	24.47	0.23%	0.11%	0.11%	NO							
Q30	60	7+200.00	24.78	0.11%	0.06%	0.05%	NO							
Q31	60	7+538.29	24.97	0.06%	0.00%	0.06%	NO							
Q32	40	8+110.43	24.97	0.00%	0.03%	0.03%	NO							
Q33	60	8+300.00	25.02	0.03%	0.56%	0.53%	SI	CONCAVA	2.50	0.35	81.52	73.92	53.10	395.96
Q34	60	8+462.60	25.93	0.56%	0.05%	0.51%	SI	CONVEXA	2.50	0.35	82.10	73.37	53.10	395.96
Q35	60	8+750.00	26.08	0.05%	-0.03%	0.08%	NO							
Q36	60	9+050.00	25.99	-0.03%	0.09%	0.12%	NO							
Q37	60	9+400.00	26.31	0.09%	-0.14%	0.23%	NO							
Q38	60	9+750.00	25.81	-0.14%	-0.47%	0.33%	NO							
Q39	60	9+850.00	25.34	-0.47%	-0.92%	0.45%	NO							
FIN	60	9+935.00	24.56	-0.92%			NO							

Quiebre N°	Lmin (m)	iL absoluto				Criterios Parametro							
		Diurna	Nocturna	iL deseable	iL sobrepaso	P1	P2	P3	P4	P5	P6		
INICIO													
Q1	42.00		5.26%	5.11%	6.67%	2794.81	900.00		1408.64	1576.09	5938.90		
Q2	42.00	5.38%	3.77%	3.77%	2.42%	1750.74	900.00	1550.07	1675.30	2211.56	16366.07		
Q3	42.00		5.23%	5.09%	6.67%	2907.19	900.00		1433.10	1603.06	5938.90		
Q4													
Q5													
Q6													
Q7													

Quiebre N°	Lmin (m)	iL absoluto		iL deseable	iL sobrepaso	Criterios Parametro						
		Diurna	Nocturna			P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Q8												
Q9												
Q10												
Q11												
Q12												
Q13												
Q14												
Q15												
Q16												
Q17												
Q18												
Q19												
Q20												
Q21												
Q22												
Q23	42.00		5.26%	5.09%	6.67%	6881.99	900.00		1407.92	1600.48	5938.90	
Q24	42.00	5.40%	3.79%	3.79%	2.42%	3504.53	900.00	1534.98	1714.92	2190.04	16366.07	
Q25												
Q26												
Q27												
Q28												
Q29												
Q30												
Q31												
Q32												
Q33	42.00		5.26%	5.09%	6.67%	7870.71	900.00		1405.63	1600.19	5938.90	
Q34	42.00	5.46%	3.82%	3.82%	2.42%	8267.73	900.00	1504.61	1714.45	2146.71	16366.07	
Q35												
Q36												
Q37												
Q38												
Q39												
FIN												

Datos Representación					
Quiebre N°	P adop	L (m)	L adop. (m)	P resultante	E (m)
INICIO					
Q1	2700.00	40.58	50.00	3327.16	0.0939
Q2	1750.00	41.98	50.00	2084.22	0.1499
Q3	2900.00	41.90	50.00	3460.94	0.0903
Q4					
Q5					
Q6					
Q7					
Q8					
Q9					
Q10					
Q11					
Q12					
Q13					
Q14					
Q15					

Quiebre N°	P adop	L (m)	Datos Representación		
			L adop. (m)	P resultante	E (m)
Q16					
Q17					
Q18					
Q19					
Q20					
Q21					
Q22					
Q23	6900.00	42.11	50.00	8192.85	0.0381
Q24	3500.00	41.95	50.00	4172.06	0.0749
Q25					
Q26					
Q27					
Q28					
Q29					
Q30					
Q31					
Q32					
Q33	7900.00	42.16	50.00	9369.90	0.0334
Q34	8300.00	42.16	50.00	9842.54	0.0317
Q35					
Q36					
Q37					
Q38					
Q39					
FIN					

2.10 DISEÑO DEFINITIVO

2.10.1 Coordenadas definitivas Eje Camino – Transición de peraltes - Banquinas

Una vez finalizada la etapa de verificación del diseño geométrico, se obtienen las coordenadas (X, Y, Z) definitivas del Eje del camino.

La transición de los peraltes, se realizó adoptando como eje de giro al eje de la calzada, y se planteó una variación de la pendiente lateral desde -2% a 0% en el tramo previo al inicio de las curvas y de 0% a 3% en las longitudes espirales, de manera lineal.

Para las banquetas, se adoptó una pendiente hacia afuera de 4%, tanto en los tramos rectos como en los tramos curvos.

En la Tabla N° 01 del anexo se detallan:

- Coordenadas (X, Y) definitivas del eje de Proyecto
- Cotas de eje y bordes de la calzada
- Peraltes adoptados en el total de la traza, incluyendo los distintos tramos de las diferentes curvas.

Posteriormente se avanza en la confección de la documentación necesaria para la obra.

2.10.2 Perfil tipo de Obra y Pavimento

El plano fue realizado en escala 1:10 Horizontal y 1:6.66 Vertical y se encuentra en el anexo como plano PL N° 01.

2.10.3 Planialtimetría

El plano fue realizado en escala 1:2000 Horizontal y 1:100 Vertical y se encuentra en el anexo como plano PL N° 02.

2.10.4 Perfiles Transversales

El plano fue realizado en escala 1:250 Horizontal y 1:150 Vertical y se encuentra en el anexo como plano PL N° 03.

2.10.5 Planos de detalle de Alcantarillas

El plano fue realizado en escala 1:250 Horizontal y 1:150 Vertical y se encuentra en el anexo como plano PL N° 04.

2.10.6 Planilla de Movimiento de Suelos

En la Tabla N° 02 del Anexo, se describe el resumen de movimiento de suelos

3. CONCLUSIONES

A partir del estudio detallado de los antecedentes previos del Anteproyecto (Memorias, Planos, Planillas, etc.), se determinó el grado de intervención a realizar al mismo para la confección del proyecto Ejecutivo. Para esto fue necesario definir como antecedentes válidos (Correctamente resueltos técnicamente) a los estudios preliminares de Tránsito, Hidrología, Geotecnia, Desagües y Diseño de paquete Estructural, y asumir como documentación a revisar y rediseñar, el Diseño Geométrico y la tipología constructiva de las Alcantarillas.

El primer paso fue materializar una nueva poligonal, a partir de la cual fueron relevados e identificados todos los sectores de interés y puntos de conflicto detectados en la inspección de la documentación preliminar.

Luego, se establecieron los criterios iniciales, en base a los sectores de interés y las interferencias detectadas en la zona de camino, siguiendo los procedimientos establecidos en las Normas de Diseño Geométrico.

En esta etapa iterativa se fueron planteando diferentes alineaciones hasta obtener las más adecuadas, es decir, las que permitieran materializar curvas con parámetros más cercanos a los óptimos, y que a la vez resultasen en un menor movimiento de suelos. Como resultado, se obtuvieron las alineaciones horizontales y verticales definitivas, obteniendo los diferentes vértices y quiebres, para luego definir las curvas horizontales y verticales, los peraltes y las pendientes longitudinales.

En paralelo y de manera conjunta al Diseño Geométrico, fueron definidas las nuevas tipologías constructivas de las alcantarillas. En esta etapa fue necesario redimensionar la longitud de la Alcantarilla de la Progr. 0+250, reduciendo el ancho de las banquetas a 2 metros, de manera de no interferir el paso de los gasoductos laterales con los muros de alas de la obra de arte.

Una vez finalizadas estas etapas, se confeccionaron los planos y planillas de detalle necesarios para la obra. Del análisis de esta documentación final, se desprende que en comparación al diseño planteado en el anteproyecto se obtuvieron:

- Pendientes longitudinales más uniformes, con menor cantidad de quiebres a lo largo de la traza.

- Curvas horizontales sin necesidad de sobreanchos, y con peraltes máximos de 3% en todos los casos.
- Menor cantidad de curvas verticales, debido a la disminución de pendientes
- Reducción de aproximadamente 24.000 m³ del Volumen Total de Terraplén.
- Alcantarillas de prestaciones equivalentes a las planteadas originalmente, con tiempos menores para su ejecución, reduciendo también las obras de desvío necesarias.

Comentarios finales

En base al estudio del proyecto y de sus antecedentes se puede agregar que, se podrían haber realizado intervenciones y mejoras al proyecto en:

- Ancho de calzada: dado el volumen de tránsito estimado y proyectado, se podría haber planteado un diseño de calzada de mayor tamaño, que resultara en un nivel de servicio superior para el camino.
- Diseño de Paquete estructural (basándose en la buena calidad de los suelos disponibles para la obra se podrían haber planteado alternativas al diseño).
- Diseño de las intersecciones de la ruta con caminos, accesos a escuelas rurales.
- Diseño de dársenas para accesos a barrios privados.

Estos puntos fueron descartados por pedido del Comitente, a fin de evitar retrasos en los inicios de los trabajos, y por tratarse de tareas fuera del alcance de la obra contratada.

BIBLIOGRAFIA

- Vialidad Nacional (2010). “Actualización de las normas de diseño geométrico de la dirección nacional de vialidad 1967/80/07”.
- Joseph Barnett (1972). “Curvas con transiciones para caminos”. Cuarta Edición. Dirección Nacional de Vialidad, República Argentina.
- Moreno, Oscar (2010). “Apuntes teóricos Catedra Vías de Comunicación”. Universidad Nacional del Comahue.
- Carciente, Jacob (1980). “Carreteras, Estudio y proyecto”. Segunda Edición Ampliada y actualizada.
- Cárdenas Grisales, James (2013). “Diseño Geométrico de Carreteras”. Segunda Edición.
- Silvera L., Manuel E. (2010). “Ingeniería de Carreteras”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Agudelo Ospina, John Jairo (2002). “Diseño Geométrico de Vías”.
- Torres Tafur, José Benjamín (2000). “Diseño Definitivo de una Carretera”.
- Mendoza Díaz, Alberto - Quintero Pereda, Francisco Luis - Mayoral Grajeda, Emilio Francisco (2002). “Algunas consideraciones de seguridad para el Proyecto Geométrico de Carreteras”.

ANEXOS

APENDICE

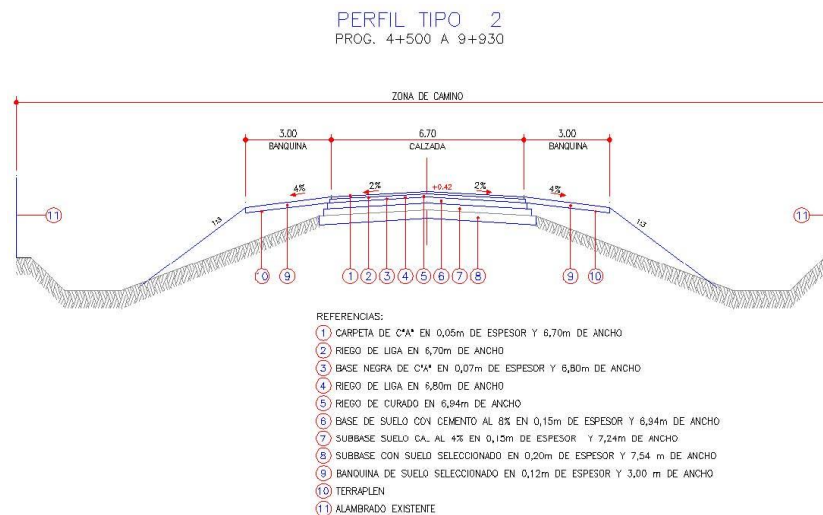
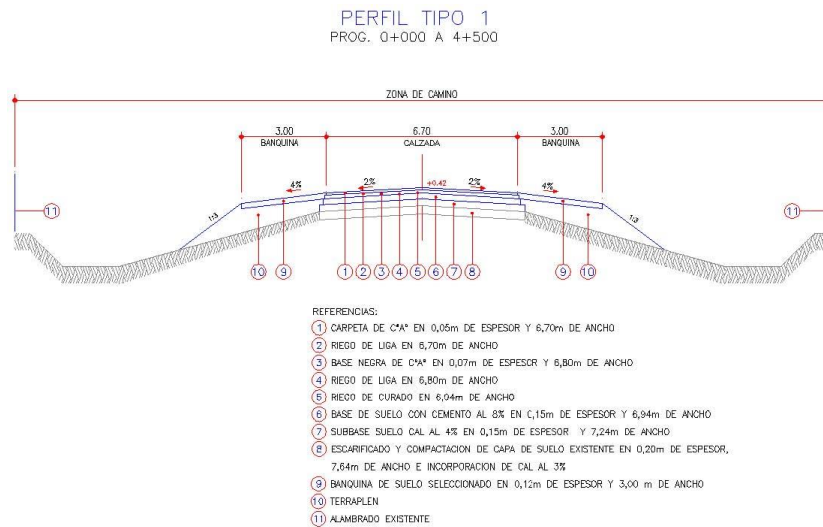
A.1 OBRAS PROPUESTAS

A.1.1 PERFILES TRANSVERSALES TIPO

Se han contemplado las siguientes características y dimensiones para el perfil tipo de obra básica a adoptar en el presente proyecto:

- **Calzada:** 6,70 m a de ancho de concreto asfáltico, según perfiles tipo de obra básica y pavimento, con una pendiente transversal del 2% hacia el borde exterior (excepto en aquellos casos en los que se cuenta con un peralte requerido para curva horizontal).
- **Banquinas:** 3,00 m de ancho y 4% de pendiente transversal.

Se presentan a continuación los perfiles tipo de pavimento y obra básica para cada tramo:



A.1.2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PROPUESTA

Entre Progresivas 0+000 a 4+500:

Escarificado y compactación de capa de suelo existente con incorporación de cal al 3%, en un espesor de 0,20m. Ejecución de subbase de suelo cal al 4% en 0,15m de espesor y 7,24 m de ancho, base de suelo con cemento al 8% en 0,15 m de espesor y 6,94 m de ancho. Pavimentación con concreto asfáltico convencional en 0,07 m y 0,05 m de espesor y 6,80 m y 6,70 m de ancho respectivamente.

Entre Progresivas 4+500 a 9+930:

Ejecución de subbase de suelo seleccionado en 0,20 m de espesor y 7,54 m de ancho, subbase de suelo cal al 4% en 0,15m de espesor y 7,24 m de ancho, base de suelo con cemento al 8% en 0,15 m de espesor y 6,94 m de ancho. Pavimentación con concreto asfáltico convencional en 0,07 m y 0,05 m de espesor y 6,80 m y 6,70 m de ancho respectivamente.

Así mismo, se proyecta el perfilado de banquetas de suelo seleccionado en 0,12m de espesor y 3,00 m de ancho, en todo el tramo en estudio

A.1.3 OBRAS DE SEGURIDAD VIAL COMPLEMENTARIAS

Un aspecto importante en términos de seguridad es la implementación en el inicio y fin del tramo, de bandas óptico-sonoras cuyo efecto es la disminución de velocidad de los vehículos que marchan por las zonas mencionadas. También como medida complementaria en vista de un mejoramiento de las condiciones de seguridad se incluyeron en el proyecto, tachas reflectivas, para complementar el señalamiento horizontal y vertical.

A.1.4 OBRAS BÁSICAS

- Desbosque, destronque, limpieza y emparejamiento del terreno
- Terraplén con compactación especial
- Excavaciones
- Ejecución de alcantarillas transversales a la traza
- Señalización horizontal por pulverización y por extrusión
- Señalización vertical sobre postes de uno y dos pies
- Cordón emergente en intersección

A.2 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

Con el fin de obtener muestras de las distintas aéreas a estudiar, se realizaron 7 calicatas y 8 sondeos, con extracción de muestras para su posterior análisis en laboratorio.

La ubicación de las mismas, se realizó con el objeto de obtener información de todos los sectores a intervenir situando las extracciones en correspondencia con la traza proyectada.

La ubicación de los estudios efectuados se almacenó mediante el uso de sistema GPS, volcando luego la información obtenida en una imagen satelital de la zona.





Las muestras obtenidas, después de su extracción, fueron inmediatamente ubicadas en bolsas plásticas cerradas con cinta y atadas, a los efectos de minimizar la variación de humedad y poder determinar la Humedad In situ en laboratorio.

En las siguientes páginas se muestran las fotografías tomadas durante las tareas de campo.



Foto 6 – Calicata N°1



Foto 7 – Calicata N°2

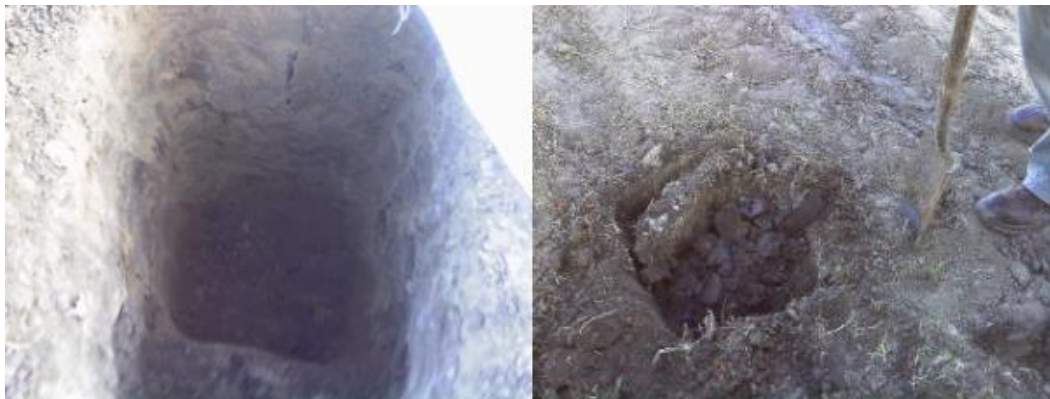


Foto 8 – Calicata N°3



Foto 9 – Calicata N°4



Foto 10 – Calicata N°5



Foto 11 – Calicata N°6



Foto 12 – Calicata N°7

A.2.1 ENSAYOS EJECUTADOS

Por cada muestra se realizaron las siguientes determinaciones:

- Granulometría (Norma IRAM 10507, VN-E7, ASTM D 422)
- Límites de Consistencia: Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad (Norma IRAM 10501 y 10502, VN-E7, ASTM D 4318)
- Clasificación e Índice de grupo según el sistema del Highway Research Board (Norma IRAM 10521, VN-E4, ASTM D 3282)

Finalmente, a los suelos característicos, de las muestras extraídas de las calicatas se le realizaron los siguientes ensayos:

- Ensayo de compactación Proctor (Tipo I de la norma VN E5 - 93)
- Ensayo de Valor Soporte e Hinchamiento (Norma VN E6 - 84), moldeado con la humedad óptima y en condición de embebido.

A.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS

En los cuadros siguientes se resumen los resultados de la clasificación granulométrica correspondiente a las muestras extraídas de las calicatas y sondeos:

Calicatas: clasificación granulométrica del primer estrato:

CALICATA	Profundidad	CARACTERISTICAS FISICAS							CLASIFIC
		LL	LP	IP	PASA TAMIZ				
					N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	
N°	m	%	%	%	%	%	%	%	H.R.B.
1	0,20 a 0,60	48,7	29,3	19,4	100,0	100,0	100,0	99,0	A-7-6 (24)
2	0,15 a 0,50	39,4	24,7	14,7	99,5	99,0	98,0	95,5	A-6 (16)
3	0,20 a 0,60	34,0	22,7	11,3	100,0	100,0	99,5	99,0	A-6 (12)
4	0,20 a 0,60	34,7	23,2	11,5	100,0	100,0	99,0	98,0	A-6 (12)
5	0,00 a 1,15	35,4	24,7	10,6	100,0	99,5	98,5	96,0	A-6 (11)
6	0,00 a 1,10	46,9	29,9	17,0	99,0	98,0	97,0	95,5	A-7-6 (20)
7	0,00 a 0,15	47,4	26,0	21,4	99,0	98,0	95,5	92,5	A-7-6 (23)

Calicatas: clasificación granulométrica del segundo estrato:

CALICATA	Profundidad	CARACTERISTICAS FISICAS							CLASIFIC
		LL	LP	IP	PASA TAMIZ				
					N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	
N°	m	%	%	%	%	%	%	%	H.R.B.
1	0,60 a 1,10	34,2	22,9	11,3	99,5	99,0	98,5	97,0	A-6 (12)
2	0,50 a 1,00	35,2	22,4	12,7	100,0	99,5	99,0	97,5	A-6 (13)
3	0,60 a 1,00	43,3	24,4	18,9	98,5	97,5	96,0	92,0	A-7-6 (19)
4	0,60 a 1,10	41,9	26,7	15,1	100,0	100,0	99,5	98,0	A-7-6 (17)
7	0,15 a 1,10	36,7	24,5	12,2	99,0	97,5	95,5	90,5	A-6 (12)

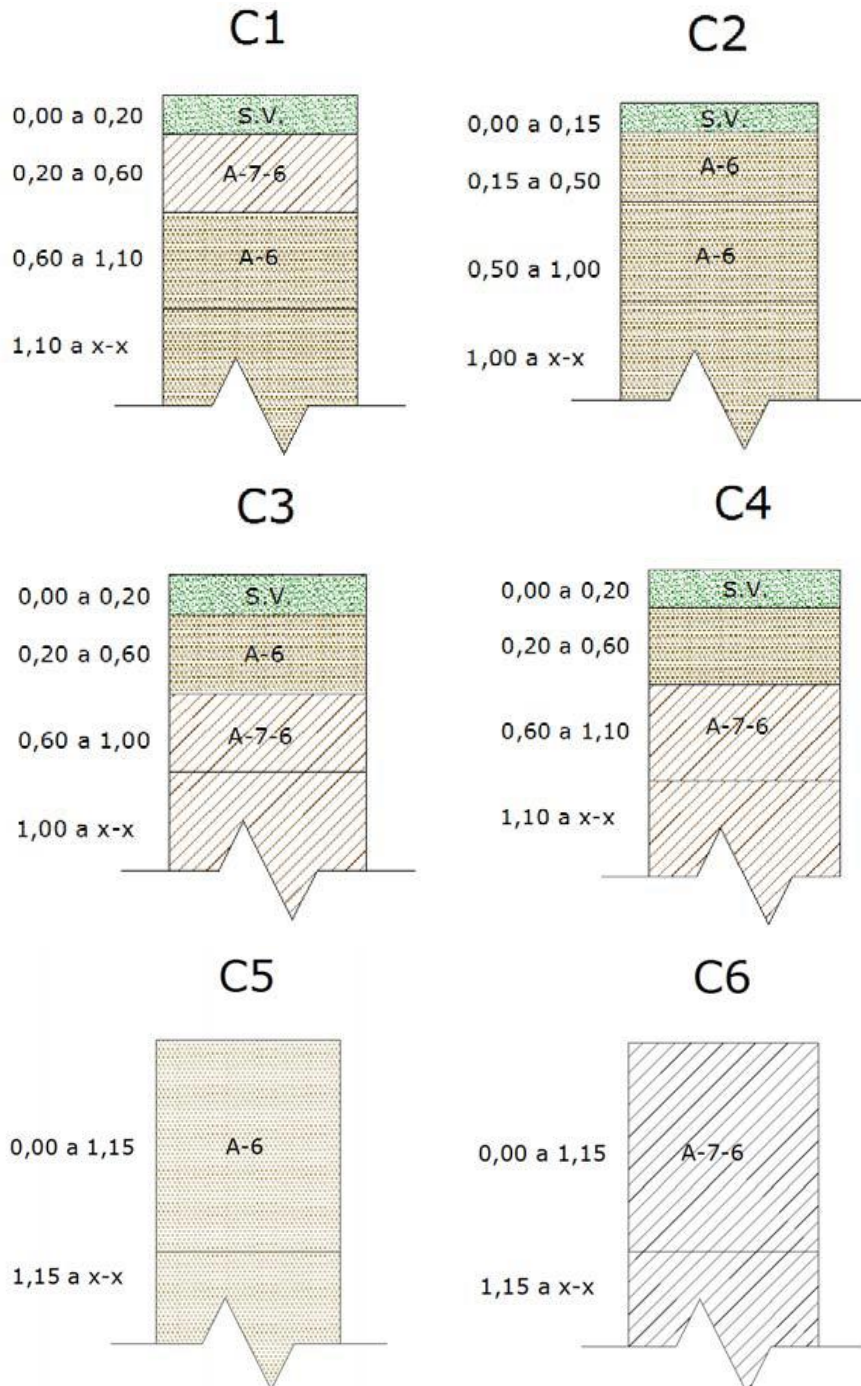
Sondeos: clasificación granulométrica

CALICATA	CARACTERISTICAS FISICAS							CLASIFIC
	LL	LP	IP	PASA TAMIZ				
				N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	
N°	%	%	%	%	%	%	%	H.R.B.
1	25,8	12,5	13,3	99,0	98,5	96,5	38,4	A-6 (14)
2	25,7	16,6	9,1	97,0	95,0	92,0	42,3	A-7-6 (17)
3	28,7	17,9	10,8	98,5	97,5	95,0	46,6	A-7-6 (20)
4	24,5	17,2	7,3	93,5	91,0	87,5	41,6	A-7-6 (16)
5	25,7	18,7	7,0	98,0	97,0	94,5	44,4	A-7-6 (20)
6	25,0	21,6	3,4	98,0	96,5	94,5	46,6	A-7-6 (23)
7	24,3	16,0	8,3	98,0	96,5	93,5	40,3	A-7-6 (17)
8	28,3	13,3	15,0	97,5	96,0	93,5	41,5	A-7-6 (15)

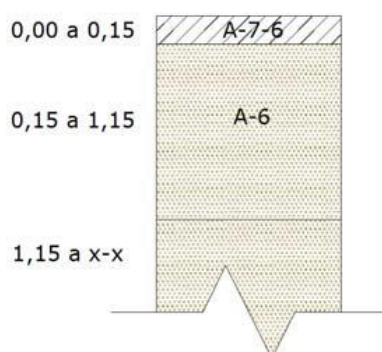
De acuerdo a los ensayos realizados sobre las muestras extraídas de las Calicatas y Sondeos, se puede apreciar que los suelos presentes en la estructura de la traza de la Ruta Provincial N° 52 son, en casi su mayoría, del tipo A-6 y A-7-6, según la Clasificación H.R.B. (Highway Research Board), con índices de plasticidad

comprendidos entre 11,0 % y 22,0 %, y un pasante por el tamiz N° 200 promedio de 95%.

Se presentan a continuación los perfiles edafológicos de las investigaciones realizadas:



C7



Los resultados de los ensayos de Proctor y Valor Soporte efectuados sobre las muestras representativas se indican a continuación:

Resultados de los ensayos de Proctor y Valor Soporte Relativo

CALICATA	Muestra	CLASIFIC H.R.B.	HUMEDAD IN SITU	ENSAYO DE COMPACTACION		V.S.R. Dens. Máx.	HINCH.
				HUMEDAD OPTIMA	PUVS máx.		
Nº	Nº		%	%	t/m ³	-	%
2	1	A-6 (16)	24,2	22,4	1.486	2,2	3,2
6	1	A-7-6 (20)	26,7	26,1	1.328	1,6	2,8
3	2	A-7-6 (19)	25,9	23,0	1.400	1,6	3,0
7	2	A-6 (12)	17,1	22,1	1.473	2,7	3,0

A.2.3 CONCLUSIONES

Los suelos presentes en la traza de la Ruta Provincial Nº 52 son de mala calidad con altos valores de plasticidad y porcentaje de material pasante por el tamiz Nº 200 superior al 90%.

Los ensayos de Proctor y Valor Soporte efectuados para los suelos característicos arrojaron deficientes resultados acorde al tipo de suelo presente.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, para la conformación de taludes se recomienda no utilizar el suelo de extracción lateral. Es aconsejable la utilización de materiales de mejor calidad que cumplan con el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad, establecido en la sección B.V. "Compactación Especial" del PETG de la DNV (Ed.1998).

A.3 TRÁNSITO

Este estudio tiene por objeto el cálculo de los ejes estándares equivalentes de 8,16 toneladas que circularán a lo largo del tramo en estudio. El período de análisis considerado es de 16 años.

A.3.1 ESTIMACIÓN DEL TMDA (TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL) DEL AÑO 2011

Como año base para el cálculo del TMDA, se utilizará una estimación del tránsito pasante para el año 2011 de acuerdo a lo observado en el lugar.

SECCION	TRAMO		TMDA 2011
1	0+000	9+930	780

A.3.2 COMPOSICIÓN VEHICULAR

Esta clasificación divide al tránsito en 5 categorías: automóviles y camionetas, buses, camiones sin acoplado, camiones con acoplado y semirremolques.

TRAMO		Autos y Pick Ups	Buses	Camión Sin Acoplado	Camión Con Acoplado	Semirremolque
0+000	9+930	88,2%	1,3%	1,2%	2,6%	2,8%

A.3.3 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES EN EL CARRIL DE DISEÑO

- Proyección del tránsito: Se adoptó una tasa anual constante del 3% del año 2011 en adelante.
- Factores de direccionalidad (Fd): se ha adoptado un factor de direccionalidad de 0,5.
- Factor de distribución por carril (Fc): se ha adoptado un factor de carril de 1,0 debido a que se trata de un camino con un carril por sentido de circulación.
- Período de diseño: se ha adoptado un período de diseño de dieciséis (16) años.
- Cálculo de ejes equivalentes en el carril de diseño: para el cálculo de los ejes equivalentes de 8,2 tn a partir del TMDA y la composición vehicular se han utilizado los factores por eje recomendados por la Dirección Nacional de Vialidad para cada uno de los tipos de vehículos que componen la flota característica, de acuerdo al siguiente detalle:

TIPO DE VEHICULO	FACTOR CTi	EJES
Autos	0,01	2
Camionetas	0,01	2
Ómnibus	0,07	2

TIPO DE VEHICULO	FACTOR CTi	EJES
Camión Tipo 11	0,60	2
Camión Tipo 12	0,38	3
Camión Tipo 11-11	0,60	4
Camión Tipo 11-12	0,39	5
Camión Tipo 112	0,45	4
Camión Tipo 113	0,41	5

Para la aplicación de los factores de equivalencia de la DNV, se distribuyen los vehículos pesados de la siguiente forma:

Camiones Sin Acoplado:

- 50 % Tipo 11
- 50 % Tipo 12

Camiones Con Acoplado:

- 50 % Tipo 11-11
- 50 % Tipo 11-12

Semirremolques:

- 50 % Tipo 112
- 50 % Tipo 113

Luego, se obtuvo el factor global de la flota aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Factor K} = 2,2 \cdot \Sigma (\text{Factor CTi} \cdot \% \text{ Vehículos} \cdot \text{N}^\circ \text{ de ejes})$$

Finalmente, el número de ejes equivalentes para el año en estudio se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Ejes equivalentes} = 365 \cdot \text{Factor carril} \cdot \text{Factor direccionalidad} \cdot \text{Factor K} \cdot \text{TMDA}$$

Por último, se calcula el acumulado para el período de diseño.

En la tabla siguiente se resumen los valores obtenidos:

SECCION	DESDE	HASTA	TMDA 2011	EJES EQUIVAL. ACUM. 2013 -2028
1	0+000	9+930	780	956.778

A.4 PAVIMENTOS

La metodología general para el diseño de la calzada con pavimento flexible considera las siguientes etapas:

A.4.1 PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

De acuerdo a los resultados de los ensayos de Valor Soporte Relativo realizados en laboratorio y conforme a la baja calidad de los suelos presentes en la zona de implantación de la obra, se adopta para el Diseño estructural de todo el tramo un VSR= 2,2. Por lo tanto, $M_r = 1.500 \times \text{CBR}$.

$$M_r = 3.300 \text{ psi}$$

Asimismo, la mala calidad de los suelos existentes permite suponer que incluso el tramo entre las progresivas 0+000 a 4+500, el cual se consideraba con parte de la estructura ya preparada como subrasante, deberá ser intervenida. En dicho tramo, se realizará un escarificado y re compactación de los suelos existentes con incorporación de cal, previa ejecución de las capas siguientes.

A.4.2 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA FLEXIBLE

Aplicando el Método AASHTO 1993, para la selección de los espesores de cada capa se ha empleado la ecuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 + \text{etc.}$$

Donde $a_1, 2, 3$, etc. corresponde a los coeficientes de aporte de cada capa componente del paquete estructural. $D_1, 2, 3$, etc. son los espesores de cada capa, y m_2 y m_3 , etc. los coeficientes de drenaje que se han adoptado igual a 1.

A.4.3 DATOS DE ENTRADA PARA EL TRÁNSITO

Este estudio tiene por objeto el cálculo de los ejes estándares equivalentes de 8,2 toneladas que circularán a lo largo de las secciones en estudio.

- **Tránsito Medio Diario Anual (TMDA):** Se utiliza el TMDA calculado previamente.
- **Composición Vehicular:** Se utiliza la Composición Vehicular calculada previamente.
- **Proyección del tránsito:** Se utiliza la Tasa de Crecimiento calculada previamente.
- **Cálculo de ejes equivalentes en el carril de diseño:** ejes equivalentes acumulados para el período de diseño: 956.778

A.4.4 CONFIABILIDAD DEL DISEÑO

Para el cálculo estructural por el método AASHTO se han adoptado los siguientes parámetros:

Confiabilidad: confiabilidad es la probabilidad de que el sistema estructural que conforma el pavimento cumpla con la función prevista dentro de su vida útil, bajo las condiciones de diseño.

De acuerdo a lo recomendado por el método para caminos de este tránsito, se adopta un valor de 80 %.

Desvío Estándar: en el método AASHTO se usan como variables de entrada los módulos resilientes de la subrasante y de las distintas capas que conforman el paquete estructural, coeficientes de drenaje, datos de tránsito, etc.; que son valores susceptibles a un amplio rango de variación.

El método de diseño recomienda como valor de desvío estándar 0,45 para pavimentos nuevos.

Índice de serviciabilidad inicial y final: la serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito. Para el cálculo de rehabilitación y reconstrucción se adopta un DPSI = 1,7.

Número Estructural Necesario (SN_{nec}): para el período de análisis 2014 – 2028 en función de los Ejes Equivalentes calculados en el Apartado de tránsito y de las características de la subrasante (Mr) se obtiene:

DESDE	HASTA	SN _{nec}
0+000	9+930	4,34

A.4.5 VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Se realiza la verificación de capacidad estructural utilizando la metodología indicada por el AASHTO como "SN efectivo por condición superficial del pavimento".

De acuerdo a esta metodología, el Número Estructural Efectivo (SN_{eff}) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$SN_{eff} = a1 \cdot D1 + a2 \cdot D2 \cdot m2 + a3 \cdot D3 \cdot m3$$

Dónde:

- D1, D2, D3 son los espesores de las diferentes capas del pavimento (superficie, base y Sub-base)
- a1, a2, a3 son los coeficientes de aporte de cada capa
- m2, m3 son los coeficientes de drenaje

Nueva Calzada entre progresiva 0+000 – 4+500:

	CAPA	ESPEJOR cm	COEF. APORTE	COEF. DRENAJE	SN i
	Carpeta Asfáltica	5,0	0,17		0,85
	Base Negra Asfáltica	7,0	0,17		1,19
	Base Suelo con cemento (8%)	15,0	0,07		1,05
	Sub-base Suelo con cal (4%)	15,0	0,045		0,68
	Escarificado de suelo existente y adición de cal	20,0	0,035	1,0	0,7
Subrasante CBR = 2,2					
				SN eff	4,47

Nueva Calzada entre progresiva 4+500 – 9+930:

	CAPA	ESPEJOR cm	COEF. APORTE	COEF. DRENAJE	SN i
	Carpeta Asfáltica	5,0	0,17		0,85
	Base Negra Asfáltica	7,0	0,17		1,19
	Base Suelo con cemento (8%)	15,0	0,07		1,05
	Sub-base Suelo con cal (4%)	15,0	0,045		0,68
	Sub-base Suelo seleccionado	20,0	0,035	1,0	0,7
Subrasante CBR = 2,2					
				SN eff	4,47

De la comparación de SN_{nec} y S_{neff} de la estructura proyectada, se verifica que la estructura cumplimenta con la vida útil de diseño.

A.5 PROYECTOS DE DESAGÜES

A.5.1 GENERALIDADES

Las tareas que este proyecto de desagües ha requerido, pueden sintetizarse en: Recopilación de Antecedentes Cartográficos, Relevamientos Topográficos, Estudio Hidráulico, Definición de secciones y estructuras para alcantarillas de cruce, niveladoras, y de ingreso a propiedades.

A.5.2 ANTECEDENTES CARTOGRÁFICOS

Se concretó la recopilación de cartografía existente en la Dirección Provincial de Geodesia de la Provincia, como así también en el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

En este último organismo se obtuvieron las Cartas Topográficas (Ezeiza y Empalme San Vicente escala 1:50.000) que han permitido la determinación de las cuencas hídricas.

A.5.3 RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se ha realizado el relevamiento planialtimétrico del tramo de ruta a pavimentar como así también de un tramo de los cursos de los arroyos Alegre y Medina que la atraviesan.

Sobre la ruta se realizaron 158 perfiles transversales en donde se relevaron cotas de centro de calle, cotas de borde de calle, fondo de cunetas en préstamos, terreno natural en los límites de la zona de camino, ubicación, dimensiones y cotas de alcantarillas de cruce, niveladoras y de ingreso a propiedades y demás hechos existentes que pudieran condicionar el diseño del pavimento y desagües para esta ruta.

Este relevamiento topográfico fue referido al cero del IGN, para lo que se inició el mismo desde el Punto Fijo G 109, cuya cota es de 24.04 m y se ubica en calle Lamadrid entre Gral. Hornos y Bustillos de la localidad de Canning.

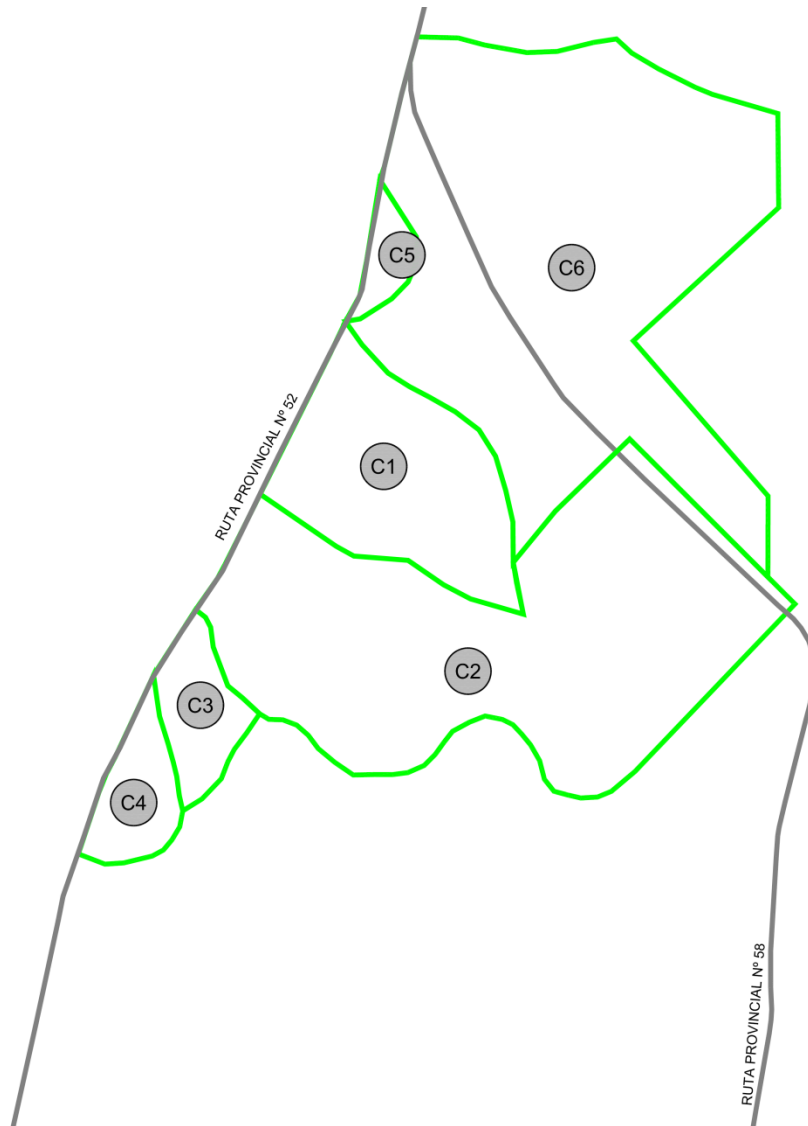
A.5.4 ESTUDIO HIDRÁULICO

Con las constancias que arrojó el relevamiento topográfico y con las definiciones de la cartografía antecedente, se procedió a concretar el estudio hidráulico que permitiera establecer los caudales de los arroyos Medina y Alegre (afuentes del arroyo del Gato), el arroyo Aguirre y otras cuencas cuyos aportes cruzan la ruta, para verificar las alcantarillas existentes y en los casos que las existentes son deficitarias o se encuentran en malas condiciones estructurales (como las del arroyo Aguirre) dimensionar las alcantarillas de cruce que reemplazarán a las actuales. También se dimensionaron las cunetas en los préstamos y las alcantarillas de ingreso a propiedades, cuando resultó necesario reemplazar las existentes.

A 5.4.1 DELIMITACIÓN DE CUENCAS:

Las cuencas hídricas de aportes para este estudio, abarcan las siguientes superficies:

- Cuenca 1: 410.5 has.
- Cuenca 2: 1183.9 has.
- Cuenca 3: 113.7 has.
- Cuenca 4: 108.40 has.
- Cuenca 5: 47.70 has.
- Cuenca 6: 1425.8 has.



Estas cuencas aportan a cursos naturales, en algunos casos canalizados, que cruzan la traza del camino. Actualmente el cruce se realiza mediante alcantarillas de caños de dimensiones deficitarias; en el caso de las cuencas 1 y 2 con alcantarillas de sección rectangular y la cuenca 6 correspondiente al arroyo Aguirre cruza la traza de la Ruta 52 en una alcantarilla con superestructura de hierro y madera que deberá reemplazarse.

Se delimitaron las cuencas con la información cartográfica de las hojas 1:50.000: Ezeiza y Empalme San Vicente del IGN, complementadas con los relevamientos topográficos realizados para este proyecto y con la observación de imágenes satelitales actuales, ya que por la escasa pendiente de la zona se han realizado canalizaciones para el drenaje de campos que han modificado sustancialmente los escurrimientos naturales. Otro factor que ha influido en los escurrimientos es la construcción de la Autopista Presidente Perón que atraviesa la cuenca 2 alterando los escurrimientos.

Para efectuar el cálculo hidrológico se contó con la información topográfica contenida en las hojas del IGN, las imágenes satelitales y los relevamientos topográficos efectuados.

Con esta información se procedió a la cuantificación de los aportes pluviales excedentes de las cuencas para una lluvia de recurrencia 50 años, de acuerdo a la normativa de DIPSOH.

El dimensionado de las cunetas laterales al nuevo camino se ha realizado considerando los caudales que deberán transportar para una recurrencia de diseño de 5 años.

A 5.4.2 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN:

Para la determinación de los tiempos de concentración de las cuencas 1 a 5 se utilizó la expresión de Kirpich (Hidrología aplicada - Ven Te Chow - Maidment - Mays) una expresión basada en la longitud del escurrimiento en cursos o canales y la pendiente media de la cuenca. El resultado es el tiempo de concentración total (T_c).

La expresión está dada por la fórmula:

$$T_c = 0.0078 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Dónde:

- L es la longitud de la cuenca en pies
- S es la pendiente media en m/m
- T_c es el tiempo de concentración en minutos

Las longitudes del escurrimiento en las cuencas consideradas son:

- C1 longitud 1400 m = 4590 pies
- C2 longitud 3200 m = 10490 pies
- C3 longitud 2900 m = 9510 pies
- C4 longitud 1500 m = 4920 pies
- C5 longitud 1000 m = 3610 pies
- C6 longitud 6000 m = 19672 pies

Las longitudes del escurrimiento, desnivel, pendiente media y los tiempos de concentración calculados con este método se consignan en la planilla que se incluye a continuación.

CUENCA	LONGITUD	LONGITUD	DESNIVEL	PENDIENTE	tc
No.	m	pies	m	m/m	min
C1	3000	9836.1	1.6	0.00053	169
C2	6100	20000	1.5	0.00025	389
C3	1600	5245.9	2.4	0.0015	70
C4	1000	3278.7	1.9	0.0019	44
C5	1000	3278.7	0.5	0.0005	74
C6	6000	19672	2	0.00033	345

A 5.4.3 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA:

El coeficiente de escorrentía varía de acuerdo a la impermeabilidad y a la capacidad de infiltración de las superficies, la pendiente y el volumen de encharcamiento, pudiéndose caracterizar con una adecuada precisión debido a lo extendido del método y a la experiencia obtenida en el manejo de sub-cuencas de características similares a la estudiada.

Los coeficientes se fijaron a partir de los cuadros del manual especializado “Cálculo de caudales en las redes de saneamiento” de F. Catalá Moreno, en el que se determina un valor de $C=0.30$ para las áreas residenciales de baja densidad (de 5 a 10 viviendas por ha.) que corresponden a los distintos barrios cerrados y clubes de campo que se ubican en el área de aportes de las cuencas estudiadas, 0.20 para las áreas parquizadas.

Se utilizaron los cuadros del mismo manual para la fijación de coeficientes de escorrentía en cuencas rurales, adoptándose un valor de 0.15 correspondiente a aéreas con cultivos con pendientes menores a 0.10 (0.10 m/m).

Para el cálculo entonces se consideró un valor medio de C conservativo de 0.20 para la totalidad del área estudiada.

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PARA DISTINTAS ÁREAS URBANAS.
FUENTE: CALCULO DE CAUDALES EN LAS REDES DE SANEAMIENTO
FERNANDO CATALA MORENO - COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS Y
PUERTOS COLECCIÓN SEINOR N° 5 -1992

TIPO DE ÁREA	VIVIENDA/HA	LLUVIA CORTA DURACIÓN	LLUVIA LARGA DURACIÓN
	Más de 150	0.70 a 1.00	1.00
	100 a 150	0.75 a 1.00	1.00
	50 a 100	0.65 a 0.80	1.00
Residencial	25 a 50	0.40 a 0.70	1.00
	10 a 25	0.30 a 0.50	0.80 a 0.90
	5 a 10	0.25 a 0.35	0.60 a 0.80

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PARA DISTINTAS ÁREAS URBANAS.
FUENTE: CALCULO DE CAUDALES EN LAS REDES DE SANEAMIENTO
FERNANDO CATALA MORENO - COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS Y
PUERTOS COLECCIÓN SEINOR N° 5 -1992

TIPO DE ÁREA	VIVIENDA/HA	LLUVIA CORTA DURACIÓN	LLUVIA LARGA DURACIÓN
	0 a 5	0.10 a 0.25	0.50 a 0.60
Comercial	Céntrica	0.70 a 0.95	1.00
	Periférica	0.50 a 0.70	1.00
Industrial	Ligera	0.50 a 0.80	1.00
	Pesada	0.60 a 0.90	1.00
Deportiva		0.20 a 0.35	0.50
Parques y Jardines		0.10 a 0.25	0.40

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA PARA ZONAS RURALES

TIPO DE AREA	PENDIENTE	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA PARA LLUVIAS DE DURACIÓN	
		CORTA	LARGA
	P < 0.10	0 A 0.15	0.15 + 2P
	0.10 < P ≤ 0.20	0.05 + 0.5P	0.20 + 1.5P
CULTIVOS	P > 0.20	0.10 + 0.5P	0.30 + P
BOSQUES	P ≤ 0.10	0 A 0.05	2/3(0.15+2P)
	0.10 < P ≤ 0.20	2/3(0.05+0.5P)	2/3(0.20+1.5P)
	P > 0.20	2/3(0.10+0.5P)	2/3(0.30+P)

Fuente: Cálculo de caudales en las redes de saneamiento - F. Catalá Moreno - Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos - Demarcación Centro España

A 5.4.4 CÁLCULO HIDRÁULICO.

El método de cálculo empleado es el Método Racional el cual determina el caudal de diseño para el dimensionado hidráulico.

La expresión matemática del método es la siguiente:

$$Q \left(\frac{m^3}{seg} \right) = \frac{C * I * A}{360}$$

Dónde:

- Q = Caudal de cálculo
- C = Coeficiente de escorrentía
- I = Intensidad de la precipitación (mm/h)
- A = Área de la cuenca (Has)

Los parámetros básicos del método son: el tiempo de concentración, la precipitación de diseño y el coeficiente de escorrentía.

Los tiempos de concentración involucran a la naturaleza de la superficie de las cuencas, la longitud de escurrimiento y la pendiente, que son los factores que permiten evaluar la velocidad de escurrimiento, y en consecuencia el tiempo necesario para llegar desde el punto más lejano de la cuenca hasta el punto de concentración de las aguas.

El coeficiente de escorrentía varía de acuerdo a la impermeabilidad y a la capacidad de infiltración de las superficies, la pendiente y el volumen de encharcamiento.

Se adoptaron los coeficientes de escorrentía y tiempos de concentración indicados en la Tabla 1.

Con respecto a la precipitación de diseño el modo más utilizado es definir una tormenta o un evento que involucre una relación entre la intensidad de precipitación, la duración y la frecuencia o tiempo de retorno. Estas relaciones pueden expresarse como ecuaciones con expresiones del tipo:

$$I = a * (d/60)^b$$

Dónde:

- I = intensidad de la precipitación de diseño (mm/hora)
- a, b = coeficientes de ajuste función de la recurrencia
- d = duración de la precipitación (minutos)

En este estudio se adoptó para el diseño de las alcantarillas de cruce la precipitación correspondiente a la estación Villa Ortúzar (Capital Federal) para una recurrencia de 50 años, de acuerdo a la normativa impuesta por DIPSOH para alcantarillas de cruce de caminos provinciales, cuya expresión analítica es:

$$I = 61.0 * (d/60)^{-0.61}$$

A continuación se detallan la tabla resumen de resultados correspondientes al Método Racional.

CUENCA No.	Tc (min)	ÁREA (has)	C	i (mm/h)	Q (m ³ /seg)
C1	169	410.5	0.2	31.91	7.39
C2	392	1183.9	0.2	19.26	12.76
C3	70	113.6	0.2	53.34	3.5
C4	44	108.3	0.2	68.72	4.43

CUENCA No.	Tc (min)	ÁREA (has)	C	i (mm/h)	Q (m ³ /seg)
C5	74	47.7	0.2	51.52	1.42
C6	345	1425.8	0.2	0.8	16.61

A.5.5 MEMORIA DE CÁLCULO DE ALCANTARILLAS

Con el caudal de diseño obtenido se analizaron las posibles alternativas para el diseño de las alcantarillas, optándose por secciones rectangulares de hormigón armado para las alcantarillas de cruce, dado que son secciones similares a las existentes en los cruces de los arroyos Medina y Alegre, en el caso del arroyo Aguirre se ha optado por reemplazar la alcantarilla existente sobre la traza de la Ruta 52 que no cuenta con una estructura adecuada para incorporarla al nuevo camino.

Los resultados obtenidos con la utilización de los programas de diseño de alcantarillas son los siguientes:

- a) Para la alcantarilla de cruce del arroyo Alegre se mantendrá la alcantarilla existente con las adecuaciones de longitud necesarias, la verificación realizada determino la aptitud de su sección.
- b) La alcantarilla existente de cruce del arroyo Medina deberá ser reemplazada por una alcantarilla de 3 luces de 2.00 x 1.40 m. cada una debido a las modificaciones que tuvo su cuenca de aportes por las canalizaciones realizadas.
- c) Para las alcantarillas de las cuencas menores se han adoptado secciones rectangulares de hormigón armado de 0.90 y 0.80 m de altura.
- d) En los sitios donde existen actualmente alcantarillas de cruce de pequeñas dimensiones, en general asociadas a canalizaciones menores sin cuenca definida, se adoptó el uso de alcantarillas de 0.80 x 0.80 m.
- e) La alcantarilla de cruce del arroyo Aguirre por sus deficiencias estructurales será reemplazada por una nueva alcantarilla de dimensiones similares a la del cruce de este arroyo con la Ruta 58.

El dimensionado hidráulico y la verificación de capacidad de conducción ha sido desarrollado mediante el Programa Culvert Master de HEASTAD METHODS.

Este es un programa desarrollado para el diseño y análisis de alcantarillas simples y múltiples, de formas: circulares, rectangulares, arco, etc., en diferentes condiciones de flujo.

Se utiliza para una o más de las siguientes determinaciones:

- Tamaño, forma y número de nuevas o adicionales alcantarillas requeridas para transportar un determinado caudal.
- Capacidad de un sistema de alcantarillas existentes bajo un determinado nivel aguas arriba.
- Predecir el nivel de aguas arriba en una determinada alcantarilla existente bajo un determinado caudal.
- Análisis de sobrepaso en terraplenes utilizando hidráulica de vertederos.

Desde el punto de vista hidráulico, una alcantarilla funciona como una contracción al escurrimiento de modo que existe un amplio rango de características de flujo que incluyen el rápidamente variado y el gradualmente variado.

La complejidad en la solución de estos dos tipos de flujo hace que el problema hidráulico se resuelva utilizando dos diferentes tipos de control al escurrimiento:

Control de ingreso: Computa el gradiente de energía aguas arriba o profundidad a la entrada como resultado del efecto de la contracción a la entrada mientras que se desprecian pérdidas por fricción y otras pérdidas menores.

Control de egreso: Computa el gradiente de energía aguas arriba o profundidad a la entrada usando una metodología que considera la preponderancia de pérdidas debida a la fricción.

El programa calcula el nivel de aguas arriba (headwater) automáticamente bajo estas dos condiciones de modo que dicho nivel es el que resulta mayor de los niveles determinados bajo control de ingreso y egreso.