

TRABAJO FINAL

ANTEPROYECTO DE PAVIMENTACIÓN DE BAJO COSTO Y OBRA BÁSICA DE LA RUTA N°7 DE LA PROVINCIA DEL CHACO

INTEGRANTES: CAMPOS YONATTAN
GARCIA JONATHAN
SORIA FERNANDO

PROFESOR: ING. ALTAMIRANO TULIO

TUTOR: ING. ROLANDO BIAIN



AÑO 2025

ÍNDICE

Capítulo 1 GENERALIDADES	5
1.1 Denominación.....	6
1.2 Introducción.....	6
1.3 Objetivos.....	7
1.4 Antecedentes.....	9
1.5 Ubicación geográfica de la zona en estudio.....	9
1.6 Recursos hídricos de la zona.....	11
1.7 Actividad económica.....	12
Capítulo 2 TOPOGRAFÍA	13
2.1 Introducción.....	14
2.2 Desarrollo a través de programas de computación.....	14
2.3 Análisis de datos medidos en campo.....	16
2.4 Conclusión.....	17
Capítulo 3 SUELOS Y MATERIALES	18
3.1 Introducción.....	19
3.2 Consideraciones sobre el área en estudio.....	20
3.3 Análisis de los estudios de suelo y sus resultados.....	23
3.3.1 Metodología de estudio de suelos.....	23
3.3.2 Estudio sobre la traza existente.....	24
3.3.3 Estudio de posibles préstamos y yacimientos.....	26
3.4 Descripción y clasificación de materiales a utilizar.....	28
3.5 Conclusión.....	29
Capítulo 4 ADECUACIÓN HIDRÁULICA	31
4.1 Introducción.....	32
4.2 Objetivos del estudio.....	32
4.3 Características geomorfológicas de los sistemas hidrológicos.....	33
4.4 Análisis hidrológico.....	33
4.5 Determinación de la zona de influencia.....	34
4.6 Determinación de la altura de precipitación de diseño.....	35
4.6.1 Estadística hidrológica.....	36
4.6.2 Determinación de la precipitación media.....	38
4.7 Determinación del volumen excedente.....	41
4.7.1 Volúmen de lluvia.....	43

4.7.2	Determinación de zonas de bajos	43
4.7.3	Determinación de la capacidad de infiltración	45
4.7.4	Evapotranspiración	50
4.7.5	Capacidad de conducción de canales.....	54
4.7.6	Volumen excedente	55
4.8	Diseño de obras de arte, cálculo y verificación de capacidades	57
4.8.1	Situación actual.....	57
4.8.2	Verificación de la situación actual.....	60
4.8.3	Recomendaciones	66
Capítulo 5 TRÁNSITO.....		67
5.1	Consideraciones generales	68
5.2	Metodología	68
5.3	Tránsito existente.....	69
5.4	Tránsito derivado	74
5.5	Tránsito inducido	74
5.6	Tasa de crecimiento del tránsito	75
5.7	Determinación del tmda de diseño	76
5.7.1	Datos de rutas nacionales (dnv).....	77
5.7.2	Datos de rutas provinciales (dvp)	78
5.8	Cálculo de derivación y proyección	78
Capítulo 6 DISEÑO GEOMÉTRICO.....		80
6.1	Objetivos del estudio	81
6.2	Características para el diseño geométrico.....	81
6.3	Definición de la categoría de camino	82
6.4	Factores influyentes	84
6.5	Estándares de diseño	85
6.5.1	Velocidad de diseño o directriz	85
6.5.2	Volumen horario de diseño.....	86
6.5.3	Vehículo de diseño	87
6.6	Características para el diseño geométrico de caminos rurales según dnv	88
6.7	Diseño de alineamiento.....	89
6.7.1	Condiciones a tener en cuenta para el trazado de la rasante según dnv.	90
6.7.2	Pendiente máxima de diseño	91
6.7.3	Ancho y zona de camino	93
6.7.4	Ancho de banquina	93
6.7.5	Ancho de calzada.....	94

6.7.6 Distancia de visibilidad	95
6.7.7 Desagües.....	98
6.7.8 Curvas horizontales	99
6.7.9 Cálculo de curva vertical	104
Capítulo 7 INTERSECCIONES.....	105
7.1 Introducción.....	106
7.2 Consideraciones generales.....	108
7.3 Tránsito a servir por las intersecciones.....	109
7.4 Características de la intersección.....	109
7.4.1 Intersección n°1	109
7.4.2 Intersección n°2.....	114
7.5 Vehículo de diseño	118
7.5.1 Consideraciones del vehículo de diseño.....	119
7.6 Trazados mínimos de giros de borde de calzada	120
7.7 Análisis particular de la intersección n°2.	121
Capítulo 8 SEÑALIZACIÓN.....	124
8.1 Seguridad vial	125
8.2 Señalización.....	125
8.2.1 Señalamiento horizontal	125
8.2.2 señalamiento vertical	130
Capítulo 9 DISEÑO ESTRUCTURAL.....	136
9.1 Introducción.....	137
9.2 Consideraciones generales.....	138
9.3 Criterio de diseño estructural.....	138
9.3.1 Método aashto	139
9.3.2 Determinación de ejes equivalentes.....	140
9.3.3 Datos de entrada para el cálculo	144
9.3.4 Cálculo del número estructural necesario (n)	148
9.3.5 Número estructural de diseño (sn).....	150
9.3.6 Cálculo del sn	153
9.4 Capa de rodamiento	155
9.4.1 Tratamientos superficiales bituminosos (ts)	155
9.4.2 Dosaje de los tratamientos triples.....	156
9.4.3 Cálculo de tratamiento triple	157
9.5 Simulación con el imt pave.....	159
9.5.1 Software imt-pave.3.2.....	159

9.5.2 Variables de de entrada.....	160
9.5.3 Operativa del software.....	160
9.5.4 Aplicación al diseño	160
9.6 Conclusión	164
Capítulo 10 CÓMPUTO Y PRESUPUESTO.....	166
10.1 Introducción.....	167
10.2 Cómputo y presupuesto	167
10.3 Cómputo métrico	167
10.3.1 Precios unitarios:	168
10.3.2 Presupuesto.....	168
10.4 Comparacion con pavimento flexible.....	169
10.5 Conclusión	169
BIBLIOGRAFÍA	170

ANEXO - Planos

- plano 01 – Ubicación geográfica del proyecto.
- plano 02 – Área de influencia considerada en el estudio hidrológico.
- plano 03 – Ubicación de alcantarillas existentes.
- plano 04 – Alcantarilla tipo.
- plano 05 – Alcantarilla tipo.
- plano 06 – Intersección rpn^o7 y rpn^o16.
- plano 07 – Intersección rpn^o7 y rpn^o13.
- plano 08 – Perfil tipo de obra básica
- plano 09 – Perfiles transversales de obra básica.
- plano 010 – Perfil planialtimétrico prog. pk 0+000 – 0+700
- plano 011 – Perfil planialtimétrico prog. pk 4+200 – 4+900
- plano 012 – Perfil planialtimétrico prog. pk 35+000 – 35+700
- plano 013 – Perfil planialtimétrico prog. pk 69+200 – 69+900

ANEXO - Estudio de suelos

ANEXO – Análisis hidrológico

ANEXO - Cálculo de curva horizontal

ANEXO - Planillas de análisis de precios

Capítulo 1

GENERALIDADES

1.1 DENOMINACIÓN

“Anteproyecto de pavimentación y obras básicas. Ruta provincial N°7 - Provincia de Chaco. Tramo: intersección ruta nacional N°16 – intersección ruta provincial N°13”.

1.2 INTRODUCCIÓN

El presente informe detalla el anteproyecto de pavimentación y obras básicas de la ruta provincial N°7 de la provincia de Chaco, en el tramo comprendido entre la ruta nacional N°16 (RN16) y la ruta provincial N°13 (RN13), cuya longitud es de 70,81 km.

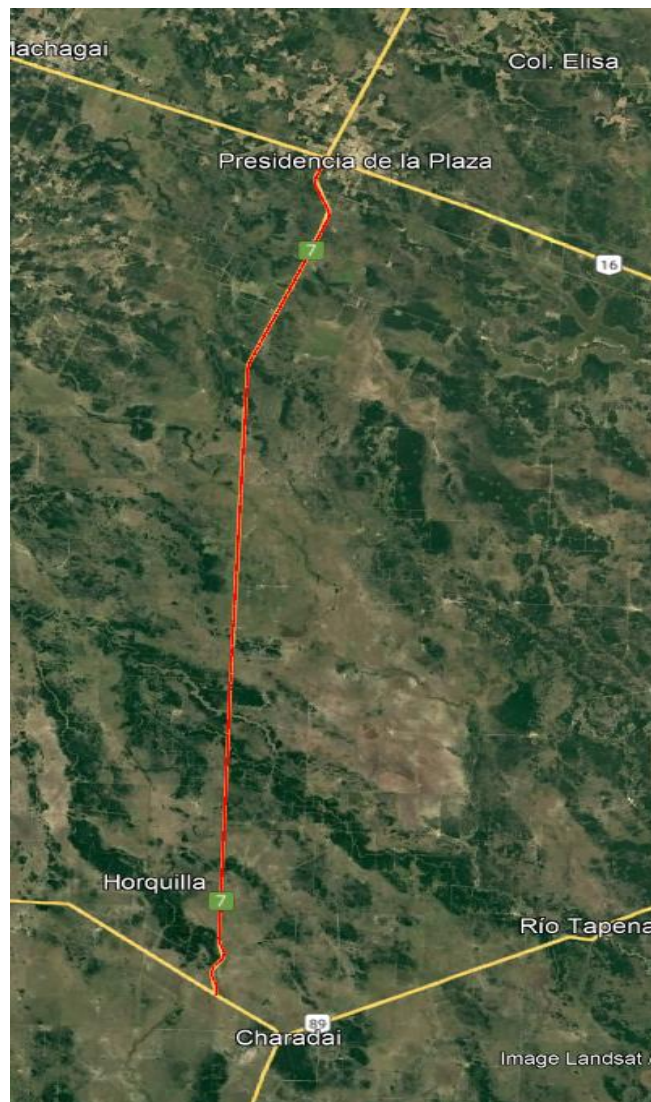


Imagen 1.1: ubicación de la ruta provincial N°7 (tramo RN16 - RP13). - (Fuente: Google Earth Pro).

1.3 OBJETIVOS

La finalidad del estudio, a nivel de anteproyecto, es lograr cerrar una malla pavimentada de rutas provinciales. Actualmente se encuentra en ejecución la obra de pavimentación de la RP13 que llega hasta la localidad de Charadai, complementándose con las RN16 y RN11, ya pavimentadas.

El mejoramiento del camino actual, además, beneficiaría directamente a localidades como Presidencia de la Plaza, Horquilla y la ya mencionada Charadai, y a otras aledañas, como Haumonia, Cote Lai y Machagai, interconectándolas de forma más segura y rápida.

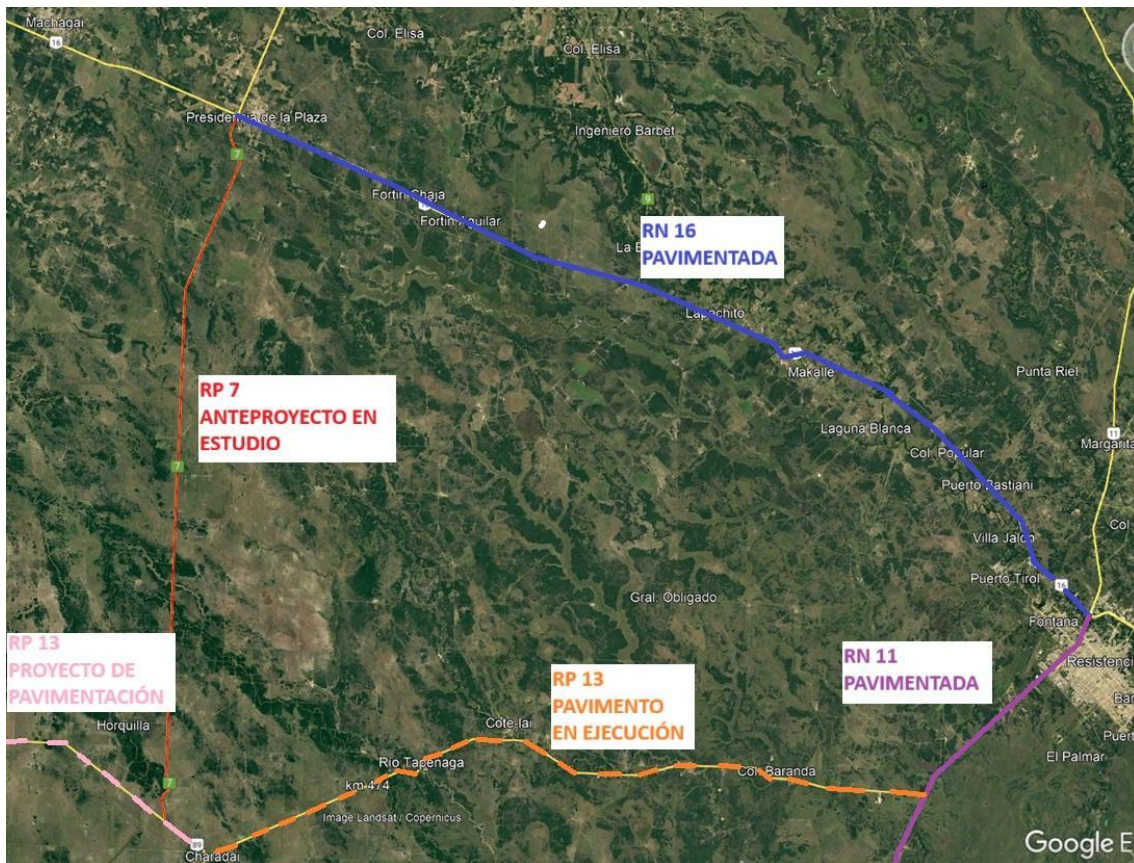


Imagen 1.2: rutas vinculadas al anteproyecto en estudio. - (Fuente: Google Earth Pro).

No sólo a nivel provincial el anteproyecto traería beneficios, sino que también a nivel regional: se podría considerar a la RP7 como un aliviador del corredor de RN11. La RP7 extiende su traza hacia el sur, llegando al límite con Santa Fe, para allí cambiar su nombre a ruta provincial 3 de dicha provincia. Esta ruta, de desarrollo norte – sur, se encuentra actualmente pavimentada desde la localidad de Los Amores (próximo al

paralelo 28°) hasta la localidad de Vera. Es en esta localidad, donde también acomete la RN11 y se desvía hacia el noreste, hasta llegar a la ciudad de Resistencia.

Teniendo en cuenta el funcionamiento de estas rutas, y contemplando la futura pavimentación del tramo de la RP7 comprendido entre Charadai y el límite con Santa Fe, de unos 40 km aproximadamente, el corredor de rutas provinciales RP3 (Santa Fe) – RP7 (Chaco), podría convertirse en una buena alternativa para evitar el tránsito de la RN11.

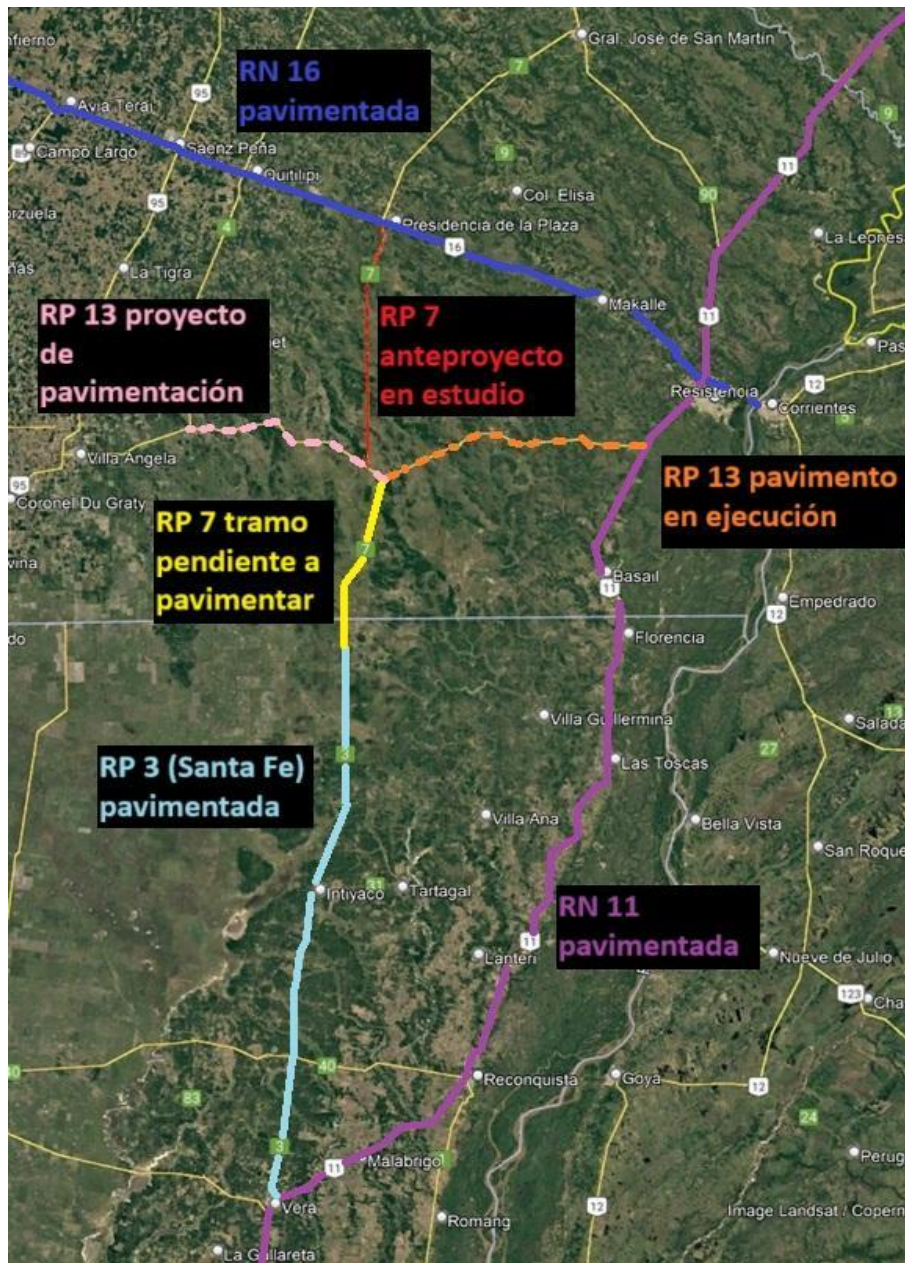


Imagen 1.3: corredor RP3 (Santa Fe) – RP7 (Chaco). Una buena alternativa para aliviar el tránsito de RN11. (Fuente: Google Earth Pro)

1.4 ANTECEDENTES

La región donde se emplaza la traza proyectada se ubica al sur de la provincia de Chaco, región que presenta las zonas de mayor inundación y en ella se practica la ganadería extensiva. En algunos casos, a la poca pendiente del terreno se suma un suelo arcilloso que obstaculiza el desagüe natural con la consiguiente formación de esteros y bañados, que en época de lluvias abarcan grandes extensiones. En general, los ríos siguen una orientación de noreste a sureste. La altimetría actual es baja, produciendo anegamientos en las zonas aledañas a la traza.

El escurrimiento en la zona de camino se ve agravado por la existencia de préstamos laterales, utilizados para el mantenimiento de la ruta de tierra actual, que constituyen grandes superficies de agua estancada.

La vegetación se presenta como paisaje de parque y de sabanas, está representado por predominio de pastizales, algunos puntos aislados de montes tupidos, cañadas, esteros y grandes extensiones de palmares fundamentalmente la variedad Yatay, algarrobos de mediano y gran porte, chilcas y la conformación de fachinales.

1.5 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA EN ESTUDIO

La provincia de Chaco está situada en el norte del país y está comprendida entre los paralelos 24° y 28° de latitud Sur y entre los meridianos 58 y 63° de longitud Oeste.

La RP7 tiene un desarrollo general “norte - sur”, y el tramo en estudio está ubicado en la zona sur de la provincia. Tiene su origen en las cercanías de la localidad de General San Martín, Chaco y desde allí continúa su desarrollo hacia el sur hasta el paralelo 28°, límite con la provincia de Santa Fe.

El Tramo de estudio es de 70,81 km de longitud, se desarrolla desde la localidad de Presidencia de la Plaza, hasta el empalme de la RP13, próximo a la localidad de Charadai.

Actualmente, la RP7 se encuentra pavimentada desde su origen en General San Martín, hasta el empalme con la RN16 a la altura de Presidencia de la Plaza.

1.6 RECURSOS HÍDRICOS DE LA ZONA

El tramo en estudio de la RP7 y la zona de aporte pertenecen a “Otros ríos y arroyos” (Cuencas N°12, N°13 y N°15 del mapa de cuencas hidrográficas de la República Argentina de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación) y se encuentra en el sector denominado Dorsal Agrícola Ganadera de la provincia del Chaco.

El área de la Dorsal Agrícola Central de la provincia del Chaco abarca las cuencas del bajo de Chorotis, Línea Paraná (módulo I, II, III y Río Muerto las Colonias), la Rica Sábalo y Tapenagá.

A su vez la provincia está subdividida en 13 subcuencas hidrográficas, según plano de la Administración Provincial del Agua (APA). La sección en estudio de la RP7 se encuentra y recibe el aporte de las cuencas del río Palometa, Tapenagá y La Rica – Sábalo (ver imagen 1.7).



Imagen 1.6: mapa de las cuencas hidrográficas de la República Argentina y zona de RP7 proyectada– (Fuente: Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación).

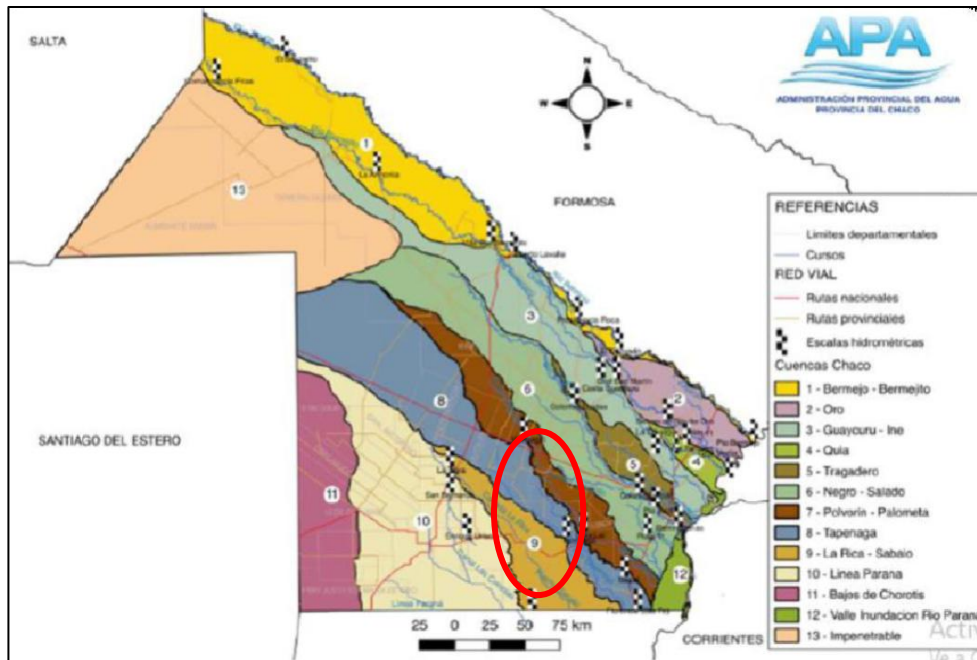


Imagen 1.7: cuencas de la provincia de Chaco. - (Fuente: Administración Provincial del Agua).

1.7 ACTIVIDAD ECONÓMICA

La principal actividad económica es la ganadería, influenciada por la gran cantidad de tierras bajas y anegadizas existentes al sur de la ciudad de Presidencia de la Plaza, que impiden el desarrollo de la agricultura. La fabricación de muebles con maderas de los bosques locales es otro de sus principales ingresos.

Estas actividades económicas demandan la necesidad de la mejora del corredor vial. Teniendo esto en cuenta, resulta fundamental el mejoramiento de este sector de la RP7, obra que posibilitará llevar la producción hacia el sur del país y permitirá combinar el transporte carretero con otros medios como el ferroviario y/o el fluvial.

Capítulo 2

TOPOGRAFÍA

2.1 INTRODUCCIÓN

El análisis topográfico es una etapa fundamental en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial, ya que proporciona la base de datos necesaria para la planificación, diseño y ejecución de la obra. En el caso del anteproyecto de la RP7, este proceso tiene como objetivo obtener información precisa sobre la topografía del terreno, permitiendo analizar las condiciones geográficas, geométricas y ambientales que influirán en el trazado de la ruta.

El área correspondiente al tramo en análisis de la RP N°7 se emplaza en una región con morfología esencialmente llana, caracterizada por pendientes muy suaves del orden a 20 a 40 cm/km (Ecorregión Chaco Húmedo, 2005). Esta configuración topográfica responde a un modelado natural influenciado principalmente por la acción eólica e hídrica, que ha dado origen a numerosas depresiones cerradas, las cuales conforman ambientes de lagunas, esteros y cañadas.

El presente capítulo detalla los métodos utilizados, los materiales empleados, y los resultados obtenidos en el estudio topográfico del tramo correspondiente a la RP7, brindando un análisis técnico de los datos obtenidos y su aplicación en el anteproyecto vial.

2.2 DESARROLLO A TRAVÉS DE PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN

Para iniciar el análisis, se trabajó con programas que permiten obtener una primera aproximación de la topografía real de la zona en estudio. Particularmente, en este caso, se utilizó la herramienta Google Earth Pro, con la cual se lograron tanto perfiles transversales como el longitudinal completo de la traza de la RP7.

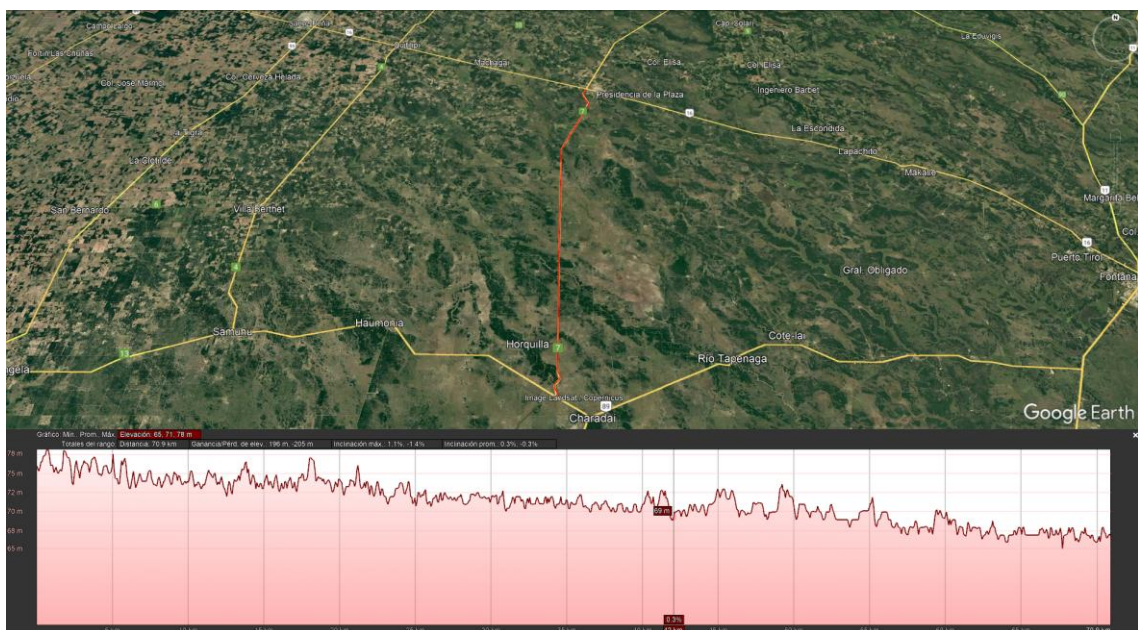


Imagen 2.1: perfil longitudinal de la RP7 - (Fuente: Google Earth Pro).

Mediante el programa, se obtuvo que la longitud del tramo en estudio es de 70,81 km de longitud y las alturas varían entre los 78 m y los 65 m sobre el nivel del mar. Además, como pendiente promedio se tiene un valor de 0,03% (30 cm/km).

Estos resultados son útiles para analizar el tipo de relieve del tipo de relieve que se tiene en la región (llanuras) y la orientación de la escasa pendiente existente (noroeste – sureste).

Es sabido que, en estos tipos de programas, debido a los distintos sistemas de representación que utilizan, acarrear errores en las mediciones (sobre todo en las altimétricas). Es por esto que su implementación debe ser cuidadosa y contemplar estas inexactitudes.

En segunda instancia, se trabajó desde la aplicación ofrecida en la página web del Instituto Geográfico Nacional (IGN), ArgenMap. La misma permite al usuario determinar curvas de nivel de las zonas deseadas, además de perfiles longitudinales.

Los datos provienen de una fuente confiable, como ser el IGN, por lo que se tiene un grado de precisión mayor en los resultados.

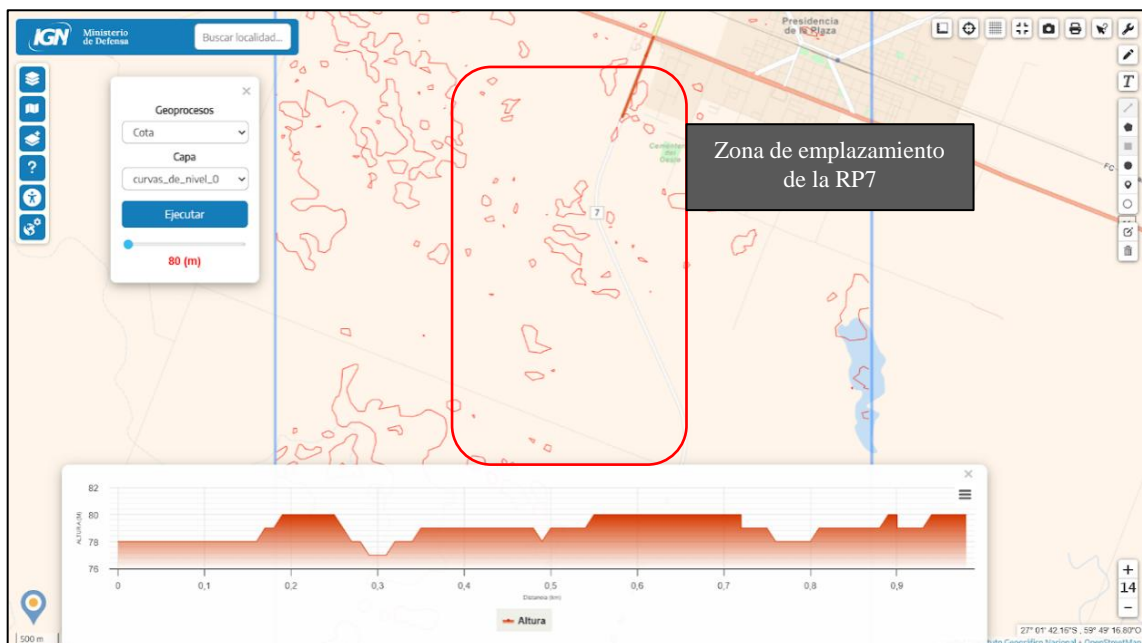


Imagen 2.2: perfil longitudinal y curvas de nivel de la zona de estudio. - (Fuente: ArgenMap - IGN).

En resumen, a través de estos medios computacionales, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- Tipo de terreno: llanura.
- Pendiente: escasa, del orden de 10 cm/km a 30 cm/km.
- Sentido de escurrimiento predominante: NO – SE.
- Longitud del tramo: entre 70,5 km y 71 km.
- Desniveles: alrededor de 5 m de diferencia a lo largo de todo el tramo.
- Cotas sobre el nivel del mar: entre 80 m y 65 m.

2.3 ANÁLISIS DE DATOS MEDIDOS EN CAMPO

Se pudieron obtener datos de la topografía del lugar, brindados por la Dirección de Vialidad Provincial (DVP). Los mismos fueron relevados en campaña, a lo largo de toda la longitud de la traza en estudio correspondiente a la RP7.

Las mediciones se realizaron en cada punto característico de la ruta, consiguiendo como resultado cotas IGN del eje de la actual traza del camino, bordes, cunetas, alcantarillas, alambrados existentes y otros puntos que serán de interés para el estudio del anteproyecto.

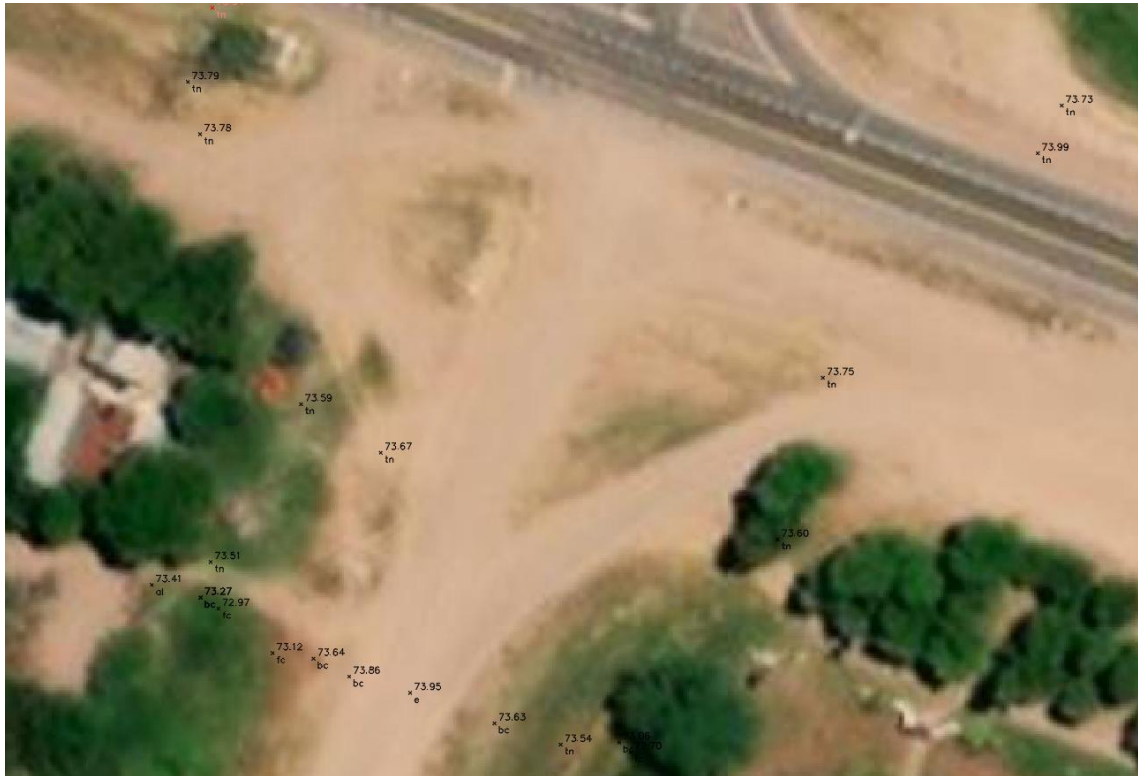


Imagen 2.3: datos de la topografía relevada en campo en la intersección con RN16. - (Fuente: DVP).



Imagen 2.4: datos de la topografía relevada en campo en la intersección con RP13. - (Fuente: DVP).

Para las mediciones, se utilizaron aparatos de alta precisión (GPS, estaciones totales y niveles). Por esta razón, se utilizarán los datos medidos en campo para el desarrollo del anteproyecto, los cuales influirán en:

- Diseño geométrico de la ruta.
- Movimiento de suelo.
- Diseño hidrológico e hidráulico.

2.4 CONCLUSIÓN

A manera de cierre, se puede expresar que los análisis realizados para los distintos métodos, llevan a conclusiones parecidas: zona de llanura, pendiente escasa, escurrimiento lento y depresiones que llevarán a producir acumulaciones de agua que serán el principal inconveniente a salvar en el anteproyecto.

Por consiguiente, el análisis hidrológico e hidráulico serán determinantes en determinar la altura del terraplén de la ruta, ya que se seguirá en todo el recorrido, el actual trazado, con las correcciones necesarias para adecuarla a las normas de diseño geométrico.

La información brindada por DVP, será de gran ayuda para el trazado de los perfiles transversales y tener una buena aproximación de lo que serán las tareas de movimiento de suelo (rellenos y desmontes).

Capítulo 3 SUELOS Y MATERIALES

3.1 INTRODUCCIÓN

La traza vial proyectada atraviesa terrenos de escasa pendiente y alta susceptibilidad a la inundación, donde predominan coberturas vegetales tipo pastizal, intercaladas con sectores aislados de monte denso. Los suelos de la zona son mayoritariamente franco-arcillosos, con baja permeabilidad y alta capacidad de retención hídrica, lo que limita el escurrimiento superficial y favorece la acumulación prolongada de agua en superficie (Rita Delfina Vicenti, Revista Geográfica 153, 2013).

Este informe se fundamenta en datos provistos por la Dirección de Vialidad Provincial (DVP) del Chaco. Dicho material detalla diversas tareas de campo ejecutadas en la RP7, tramo RN16 – RP13, desde el año 2011 hasta el 2015.

En el presente capítulo, se analizaron los resultados derivados de las campañas de la DVP (principalmente las realizadas entre 2015 y 2016) y, a partir de ellos, se seleccionaron los suelos y yacimientos más favorables para su aplicación en este anteproyecto (el informe completo se adjunta en el Anexo Estudios de suelo).

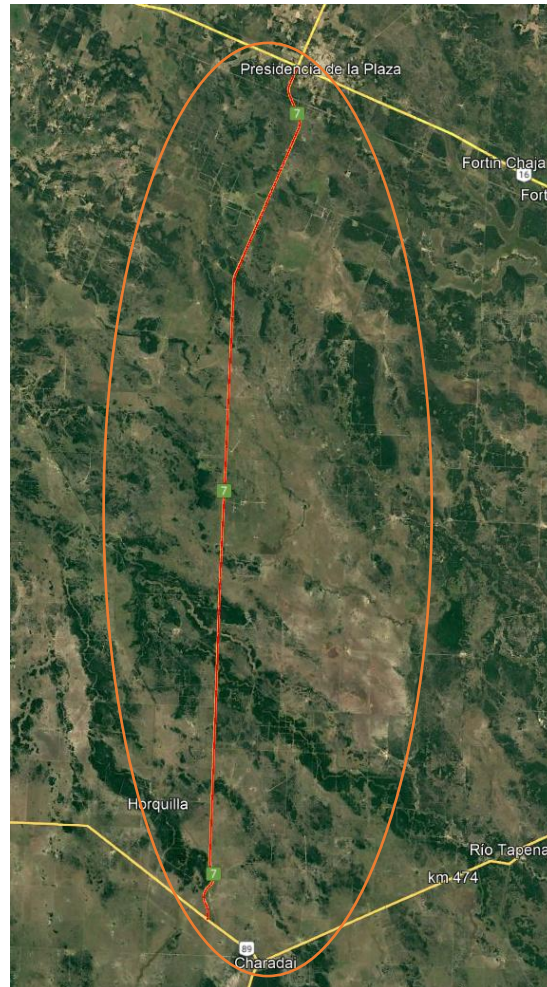


Imagen 3.1: ubicación de la traza de RP7 en estudio. - (Fuente: Google Earth Pro).

3.2 CONSIDERACIONES SOBRE EL ÁREA EN ESTUDIO

La región donde se proyecta la nueva ruta presenta una topografía predominantemente plana. Esta característica, sumada a la necesidad de elevar la cota del camino, genera una demanda significativa de movimiento de suelo para la construcción de los nuevos terraplenes.

Dada esta configuración topográfica y la magnitud del proyecto, la disponibilidad de suelos y materiales adecuados en las proximidades de la traza es bastante limitada. Consecuentemente, la estrategia principal para la identificación de suelos se centra en analizar la tipología del terreno natural adyacente a la carretera existente, sobre el cual se edificarán los nuevos terraplenes.

Esta situación implica que la mayor parte de los suelos y materiales requeridos para la obra deberán ser obtenidos de canteras y zonas de préstamo externas. Las

campañas realizadas por la DVP, y evidenciadas en las imágenes adjuntas, ilustran la naturaleza de este terreno.

El tramo de estudio inicia en la intersección con la RN16 (progresiva 0+000) y se extiende hacia el sur hasta la intersección con la RP13 (progresiva 70+810).



Imagen 3. 2: traza de la RP7, progresiva 1.400. - (Fuente: DVP - 2011).



Imagen 3. 3: traza de la RP7, progresiva 12.500. - (Fuente: DVP - 2011).



Imagen 3. 4: traza de la RP7, progresiva 18.700. - (Fuente: DVP - 2011).



Imagen 3.5: calicata en la progresiva 18.700, labrada durante la campaña de estudio de suelo. -
(Fuente: DVP- 2011).

3.3 ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS DE SUELO Y SUS RESULTADOS

3.3.1 METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE SUELOS

Para el análisis de las condiciones del suelo, se llevaron a cabo ensayos tanto en terreno como en laboratorio.

Ensayos de campo: se realizaron las siguientes determinaciones "in situ":

- ❖ Perforación y extracción de muestras.
- ❖ Descripción macroscópica de los estratos.
- ❖ Determinación de la densidad "in situ" en calicatas.
- ❖ Determinación del nivel freático.

Ensayos de laboratorio: los ensayos se efectuaron siguiendo las normas de la DNV e incluyeron:

- ❖ Clasificación de suelos según la metodología Highway Research Board (HRB): Esto implicó la determinación de la humedad natural, límites de Atterberg y granulometría.
- ❖ Determinación de sales totales y sulfatos.
- ❖ Ensayos de Compactación Proctor y de Valor Soporte (CBR):
 - ❖ Valor Soporte Relativo (CBR).
 - ❖ Valor Soporte dinámico de 12, 25 y 56 golpes por capas, conforme a la norma VN-E6-84.

3.3.2 ESTUDIO SOBRE LA TRAZA EXISTENTE

Para analizar las condiciones de los suelos existentes a lo largo de la Ruta Provincial N°7 (tramo "RN16 – EMP. RP13", con una longitud total de 70.810 metros), se ejecutaron sondeos y calicatas. El estudio se centró en la traza del camino existente, por lo que las perforaciones se realizaron sobre el terreno natural de dicha traza.

La distribución y profundidad de estas investigaciones se ajustaron a la siguiente metodología:

- **Sondeos:** Secuencia regular de sondeos de 1,5 metros de profundidad cada 2,5 km a lo largo de la traza.
- **Calicatas:** Ejecutadas cada 5.000 metros (5 km), tomando la densidad de la parte superior del terraplén. Se profundizaron hasta 3 metros para verificar la presencia de napa freática y determinar la densidad del suelo natural.

A lo largo del tramo, se observó la presencia de suelos finos con una disposición variable tanto en profundidad como en longitud. Hasta las profundidades estudiadas (3 metros), no se detectó el nivel freático.

Los tipos de suelos identificados son los siguientes:

- **Progresiva 0,000 a 15.750:** Suelos predominantemente del tipo A-7-6.
- **Progresiva 15.750 a 19.000:** Suelos predominantemente del tipo A-6.
- **Progresiva 19.000 a 70.500 (final de la traza):** Suelos predominantemente del tipo A-7-6, con algunas zonas intermedias de suelo A-6.

Tabla 3.1: resumen de calicatas ejecutadas sobre la traza y sus resultados de laboratorio. - (Fuente: DVP - 2016).

RESUMEN DE CONSTANTES FÍSICAS Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS

RUTA PROVINCIAL N° 7 - TRAMO: EMPALME RUTA NAC. N°16 - EMP.RUTA PROV. N°13

ESTUDIO DE TRAZA

Perf.Nº	Lado	Progresiva	Profundidad		Sales %		Hum.	Pasa Tamiz %			L.L.	L.P.	I.P.	Clasificac. H.R.B.	Proctor		V. Soporte 30 lbs.		Observación
			de	a	S.Tot.	Sulfat.	Natural	Nº 10	Nº 40	Nº200					D. Máx.	H. Ópt.	C.B.R.	Hinch.	
1	Der.	0	0,10-0,70		N.F.		16,8%	99,8%	99,6%	87,3%	35,57	21,42	14,2	A-6 (12)	1,80	17,8%	7%	0,80%	100% del Proctor T-99
2	Der.	5000	0,10-0,70		0,61%	0,55%	22,5%	100,0%	99,8%	94,6%	44,55	22,61	21,9	A7-6 (23)	1,53	22,4%	5%	1,83%	100% del Proctor T-99
3	Der.	10000	0,10-0,85		N.F.		22,4%	99,9%	99,6%	93,7%	47,20	22,90	24,3	A7-6 (25)	1,55	22,1%	6%	1,70%	100% del Proctor T-99
4	Der.	15000	0,10-0,75		N.F.		22,0%	98,5%	97,9%	95,2%	46,27	22,70	23,6	A7-6(25)	1,56	22,4%	5%	1,92%	100% del Proctor T-99
5	Der.	20000	0,10-0,70		N.F.		23,5%	99,5%	99,3%	94,8%	42,44	22,44	20,0	A7-6(21)	1,62	21,6%	6%	1,73%	100% del Proctor T-99
6	Der.	25000	0,10-0,60		N.F.		20,7%	100,0%	99,7%	93,5%	41,85	22,32	19,5	A7-6(20)	1,64	20,7%	6%	1,62%	100% del Proctor T-99
7	Der.	30000	0,10-0,60		0,25%		21,2%	99,8%	99,6%	95,0%	50,18	23,29	26,9	A7-6(29)	1,54	22,7%	4%	1,87%	100% del Proctor T-99
8	Der.	35000	0,10-0,70		N.F.		22,3%	99,6%	99,4%	94,0%	46,15	22,63	23,5	A7-6(24)	1,55	22,3%		1,84%	100% del Proctor T-99
9	Der.	40000	0,10-0,50		N.F.		20,8%	100,0%	99,8%	92,7%	37,76	21,84	15,9	A-6(15)	1,71	19,8%	8%	0,74%	100% del Proctor T-99
10	Der.	45000	0,10-0,70		N.F.		22,9%	100,0%	99,7%	95,8%	44,53	22,54	22,0	A7-6(23)	1,52	22,9%	7%	1,94%	100% del Proctor T-99
11	Der.	50000	0,10-0,60		N.F.		22,0%	99,8%	99,5%	94,6%	45,16	22,52	22,6	A7-6(24)	1,54	22,3%	5%	1,73%	100% del Proctor T-99
12	Der.	55000	0,10-0,40		N.F.		21,0%	99,9%	98,6%	95,7%	49,42	23,15	26,3	A7-6 (28)	1,53	23,0%	4%	1,99%	100% del Proctor T-99
13	Der.	60000	0,10-0,50		N.F.		19,1%	99,1%	98,8%	95,3%	53,88	23,84	30,0	A7-6 (32)	1,50	23,2%	4%	1,98%	100% del Proctor T-99
14	Der.	65000	0,10-0,40		N.F.		22,1%	100,0%	99,8%	96,7%	45,44	22,48	23,0	A7-6 (25)	1,60	20,0%	6%	1,79%	100% del Proctor T-99
15	Der.	70000	0,10-0,40		N.F.		18,5%	99,9%	99,6%	95,8%	52,99	23,80	29,2	A7-6 (32)	1,51	23,6%	4%	2,03%	100% del Proctor T-99

3.3.3 ESTUDIO DE POSIBLES PRÉSTAMOS Y YACIMIENTOS

Estudio de Préstamos y Yacimientos de Materiales

La totalidad del volumen de suelo requerido para la ejecución del terraplén, tanto para el nivel de subrasante como para las diferentes capas estructurales, provendrá de zonas de préstamo. Para la localización de estos yacimientos, se priorizó la accesibilidad y su proximidad a la traza de la ruta, con el objetivo de minimizar las distancias de transporte.

Los posibles préstamos se identificaron según la calidad necesaria y su capacidad de explotación, siendo los siguientes (indicando progresiva y lado: Izquierdo 'I' o Derecho 'D'):

- ❖ Progresiva 6.500 L/D
- ❖ Progresiva 10.100 L/D
- ❖ Progresiva 14.500 L/D
- ❖ Progresiva 19.300 L/I
- ❖ Progresiva 21.300 L/D
- ❖ Progresiva 32.300 L/D
- ❖ Progresiva 40.500 L/I
- ❖ Progresiva 45.500 L/I
- ❖ Progresiva 50.900 L/I
- ❖ Progresiva 59.100 L/I

Una vez ubicados los yacimientos, se procedió a la ejecución de cateos sistemáticos. Estos se realizaron en forma de cuadrícula, con un espaciamiento de 50 metros entre cada perforación, cubriendo así la totalidad de la superficie de estudio.

Se extrajeron muestras representativas del manto a explotar utilizando pala barreno. Estas muestras, debidamente identificadas y acondicionadas en bolsas, fueron remitidas al laboratorio para los ensayos necesarios que permitirían su clasificación mediante el método HRB.

Una condición fundamental considerada fue la homogeneidad de cada posible yacimiento. Con este fin, se extrajo una muestra representativa del pozo central, cuya densidad natural fue previamente determinada por el método de la arena. Esta muestra se envió al laboratorio en cantidad suficiente para realizar ensayos de clasificación, compactación y valor soporte relativo.

Adicionalmente, se seleccionaron algunas de estas muestras de acuerdo con sus diferentes calidades de suelo. Con ellas, se realizaron ensayos de compactación incorporando cal y moldeando probetas que, posteriormente, fueron sometidas a ensayos de compresión inconfiada para determinar su posible utilización en capas de base de los pavimentos

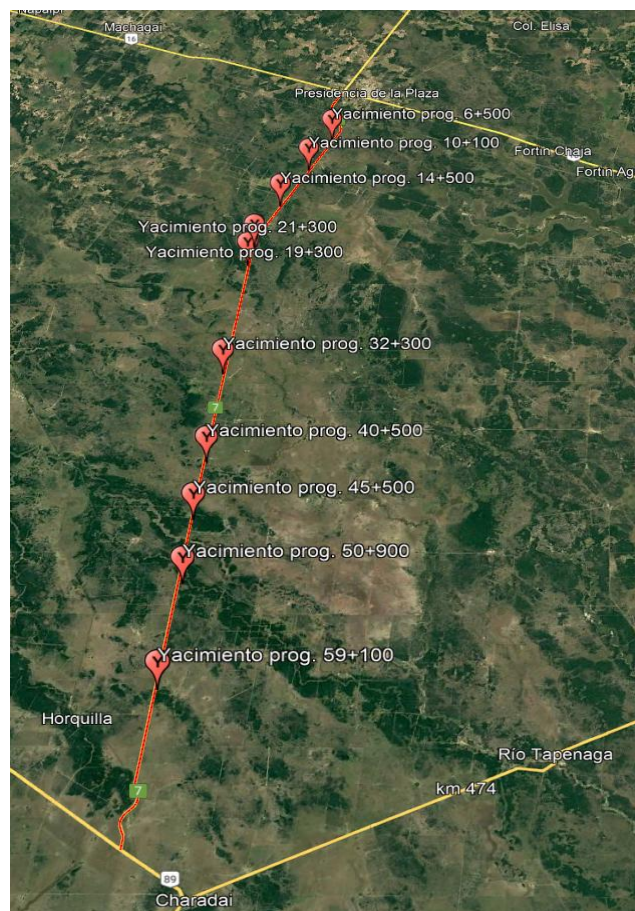


Imagen 3. 6: ubicación de los posibles yacimientos a lo largo de la traza. - (Fuente: Google Earth Pro).

Tabla 3.2: resumen de los posibles préstamos y yacimientos estudiados. - (Fuente: DVP - 2016).

RESUMEN DE CONSTANTES FÍSICAS Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS																	
RUTA PROVINCIAL N° 7 - TRAMO: RUTA NAC. N° 16 - EMP. RUTA PROV. N°13																	
ESTUDIO DE YACIMIENTOS - RESUMEN																	
Perf.N°	Lado	Progresiva	Profundidad		Sales %		Hum. Natural	Pasa Tamiz %			LL	LP.	I.P.	Clasificac.		Proctor	
			de	a	S.Tot.	Sulfat.		N° 10	N° 40	N°200				H.R.B.	D. Máx.	H. Ópt.	
P.C.	Der.	6500	0,40-2,50		N.F.	18,3%	99,7%	97,5%	92,2%	41,34	22,40	18,9	A7-6-(19)	1,55	23,7%		
P.C.	Der.	10100	0,60-2,80		N.F.	20,8%	99,9%	99,1%	88,7%	38,50	21,94	16,6	A-6 (15)	1,58	22,9%		
P.C.	Der.	14500	0,20-3,00		N.F.	22,1%	100,0%	99,8%	93,0%	29,55	18,64	10,9	A-6(9)	1,67	17,3%		
P.C.	Izq.	19300	0,30-3,30		N.F.	14,0	98,4%	93,5%	74,3%	29,43	18,65	10,8	A-6(6)	1,69	17,8%		
P.C.	Izq.	21300	0,40-3,50		N.F.	19,1	88,2%	82,8%	57,4%	28,97	18,87	10,1	A-6(3)	1,70	18,5%		
P.C.	Der.	32300	0,50-3,00		N.F.	23,2%	99,5%	99,3%	95,1%	43,79	22,44	21,4	A7-6 (22)	1,54	23,1%		
P.C.	Izq.	40500	0,30-3,30		N.F.	33,8%	99,9%	99,6%	97,1%	52,81	24,33	28,5	A7-6 (32)	1,50	24,4%		
P.C.	Izq.	45500	0,50-3,50		N.F.	23,0%	99,5%	99,0%	95,6%	52,45	24,21	28,2	A7-6 (31)	1,51	24,0%		
P.C.	Izq.	50,900	0,30-3,20		N.F.	19,7%	99,9%	99,5%	92,8%	43,54	22,44	21,1	A7-6 (21)	1,53	23,6%		
P.C.	Izq.	59100	0,40-3,30		N.F.	19,1%	99,8%	99,3%	93,0%	47,36	22,81	24,6	A7-6(25)	1,52	24,2%		

3.4 DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MATERIALES A UTILIZAR

Los materiales principales para la ejecución de los distintos elementos de la obra corresponden a los comúnmente empleados y comercializados en la región. Detalles sobre su origen, costos, dosificaciones y otros datos relevantes se encuentran especificados en los análisis de precios correspondientes.

Estos materiales, de origen comercial, deberán cumplir estrictamente con las calidades exigidas por las Normas de Ensayos de la Dirección de Vialidad Nacional (DNV) y las Especificaciones Técnicas Particulares de la Dirección de Vialidad Provincial (DVP) del Chaco.

Agregados Gruesos: Si bien el informe de la DVP sugería la procedencia de agregados gruesos desde la cantera "La Estrella" de Posadas, Misiones, se optó por una alternativa. Debido a la cercanía de la cantera "Felipe Yofre" en la provincia de Corrientes a 360 km y tras verificar que cumple con todas las especificaciones exigidas por la DNV y la DVP, se decidió obtener el agregado pétreo para la composición del paquete estructural de esta última.

Agregados Finos: En cuanto a los agregados finos, se utilizará arena de río. Su módulo de finura y los demás requisitos técnicos para su adopción están detallados en el anexo de este capítulo.

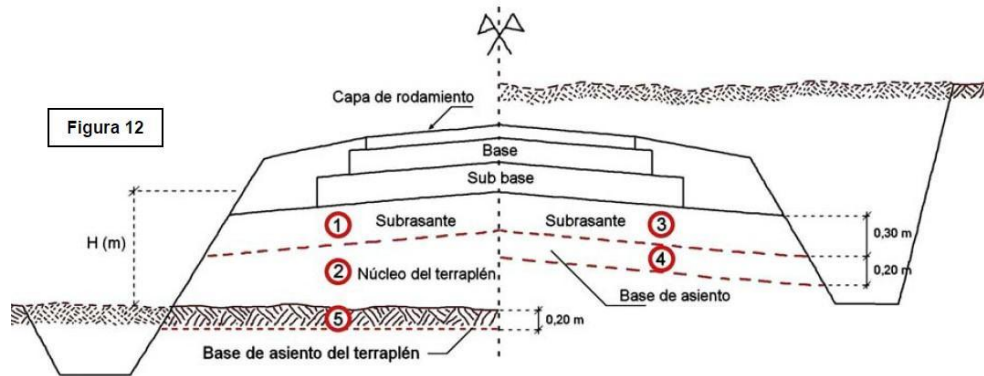


Imagen 3.7: ubicación de la cantera Felipe Yofre. - (Fuente: Google Earth Pro).

3.5 CONCLUSIÓN

Se adjunta a continuación un perfil tipo con las exigencias para lograr la densidad máxima de energía de compactación según el pliego de la DNV en función del tipo de suelo clasificado para la subrasante, el núcleo del terraplén y la base de asiento del terraplén.

Clasificación HRB	HINCHAMIENTO						Exigencia de compactación en obra		CBR de diseño			
	≤ 2 %			> 2 %			(A)	(B)				
	Ensayo	Fino	Granular	Ensayo	Fino	Granular						
A-1	AASHTO T-180	II	V	AASHTO T-99	I	IV	100 %	95 %	95 %			
A-2							95 %	90 %	90 %			
A-3												
A-4												
A-5												
A-6	AASHTO T-99	I	IV				100 %	95 %	95 %			
A-7												



SUBRASANTE EN TERRAPLÉN

SUBRASANTE EN DESMONTE

- (1) Compactación según (A)
- (2) Compactación según (B)
- (3) Preparación de la subrasante, compactación según (A)
- (4) Compactación según (B)
- (5) Base de asiento en terraplenes:
 - Si $H \leq 2$ m: Compactación especial (C) $\geq D/(B) \times 100 + 5$ %. Donde "D" es la densidad natural del suelo.
 - Si $H > 2$ m: No se exige compactación especial (C).

Imagen 3.8: exigencias de compactación y CBR para las distintas capas. - (Fuente: DNV).

Capítulo 4

ADECUACIÓN

HIDRÁULICA

4.1 INTRODUCCIÓN

La presente adecuación hidráulica tiene por objeto evaluar y, de ser necesario, proponer soluciones hidráulicas sobre la Ruta Provincial N°7 (RPN°7), en el tramo comprendido entre su intersección con la Ruta Nacional N°16 (al norte) y la Ruta Provincial N°13 (al sur), en jurisdicción del Chaco, como se detalla en la imagen 4.1.

El anteproyecto contempla el análisis y dimensionamiento de las obras hidráulicas necesarias para garantizar la correcta conducción, regulación y evacuación de los escurrimientos superficiales y pluviales característicos de la región. La intervención propuesta busca asegurar la funcionalidad y seguridad de la infraestructura vial frente a eventos hidrológicos de diversa recurrencia, minimizando los riesgos asociados a procesos de inundación, socavación o deterioro estructural derivados del comportamiento hídrico del área de influencia.

4.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Se pretende caracterizar el comportamiento hidráulico de los distintos sistemas hídricos que atraviesa la traza proyectada de la RP N°7, con el fin de establecer un nivel de riesgo aceptable y definir las intervenciones necesarias para garantizar un funcionamiento adecuado del corredor vial ante eventos hidrológicos críticos.

Las soluciones propuestas deberán evitar impactos negativos tanto aguas arriba como aguas abajo de la infraestructura, así como interferencias en la transitabilidad de la ruta.

El estudio persigue los siguientes objetivos específicos:

- Identificar y caracterizar los sistemas hidrológicos no convencionales o atípicos que inciden sobre el tramo en análisis.
- Verificar el sistema de drenaje transversal (alcantarillado) existente para asegurar la continuidad del escurrimiento superficial sin comprometer la estabilidad y funcionalidad de la vía.
- Dimensionar las obras hidráulicas necesarias, considerando parámetros hidrológicos representativos, condiciones topográficas locales y normativas vigentes.

4.3 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LOS SISTEMAS HIDROLÓGICOS

La región carece de una red de drenaje natural bien definida, presentando un régimen de escurrimiento difuso, con flujos superficiales de escasa energía y distribución areal amplia. Esta situación genera procesos de anegamiento persistente durante períodos húmedos, con láminas de agua que pueden permanecer estancadas durante semanas o incluso meses tras eventos de lluvia significativa (Rita Delfina Vicenti, Revista Geográfica 153, 2013).

Asimismo, los cauces naturales son escasos y en su mayoría de régimen intermitente, localizados sobre las planicies aluviales. Bajo condiciones de precipitaciones intensas y sostenidas, estos cursos experimentan crecidas temporales que incrementan significativamente los caudales, generando desbordes y situaciones de anegamiento que afectan negativamente la transitabilidad del camino en diversos puntos críticos del trazado (Rita Delfina Vicenti, Revista Geográfica 153, 2013).

4.4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Como se detalló en el Capítulo 1 *Generalidades*, la traza de la Ruta Provincial N°7 se localiza dentro de la zona de aporte de las cuencas hidrográficas N°12 y N°13, correspondientes al sistema de los Bajos Submeridionales, conforme a la delimitación establecida en el *Plano de Cuencas de la República Argentina (imagen 1.6)*, elaborado por la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación; en dicho marco, el tramo en estudio se encuentra comprendido dentro del sector clasificado como “Otros ríos y arroyos”.

Complementariamente, de acuerdo con el mapa de subdivisión hidrográfica elaborado por la Administración Provincial del Agua (APA) (imagen 1.7), el Chaco se encuentra dividido en trece subcuencas. El área de influencia correspondiente al tramo analizado abarca las subcuencas de **La Rica – Sábalo, Tapenagá y Polvorín – Palometa**.

Estas características planialtimétricas similares, sin una red de escurrimiento definida, representan un condicionante clave en la evaluación y diseño de las obras de drenaje requeridas para la adecuada funcionalidad hidráulica de la infraestructura vial (“Obras de desagüe al río Tapenagá”, noviembre 1982).

Es importante destacar que las cuencas mencionadas constituyen sistemas hidrológicos no típicos, cuya dinámica difiere significativamente de los modelos convencionales de escurrimiento superficial. Esta condición obedece principalmente a la escasa o nula pendiente del terreno, lo cual impide el desarrollo de una red de drenaje natural integrada y jerarquizada.

4.5 DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA

La delimitación de la zona de aporte al sistema hidrológico no típico asociado al tramo en estudio se realizó considerando las subcuencas **Polvorín–Palometa, Tapenagá y La Rica–Sábalo (imagen 4.1)**, las cuales drenan hacia el área de influencia del proyecto. La extensión de la cuenca de aporte fue definida utilizando como límites naturales y de infraestructura, a la **Ruta Nacional N°16** al norte, la **Ruta Provincial N°13** al sur, la **Ruta Provincial N°4** al oeste y la **Ruta Provincial N°7** al este, funcionando estos corredores viales como divisorias de aguas o parteaguas regionales o retardadores de flujo.

La superficie total de la zona de aporte definida alcanza los **2.795,07 km²** constituyendo un área extensa de drenaje difuso cuya dinámica debe ser cuidadosamente considerada en el diseño de las obras hidráulicas complementarias a la infraestructura vial.

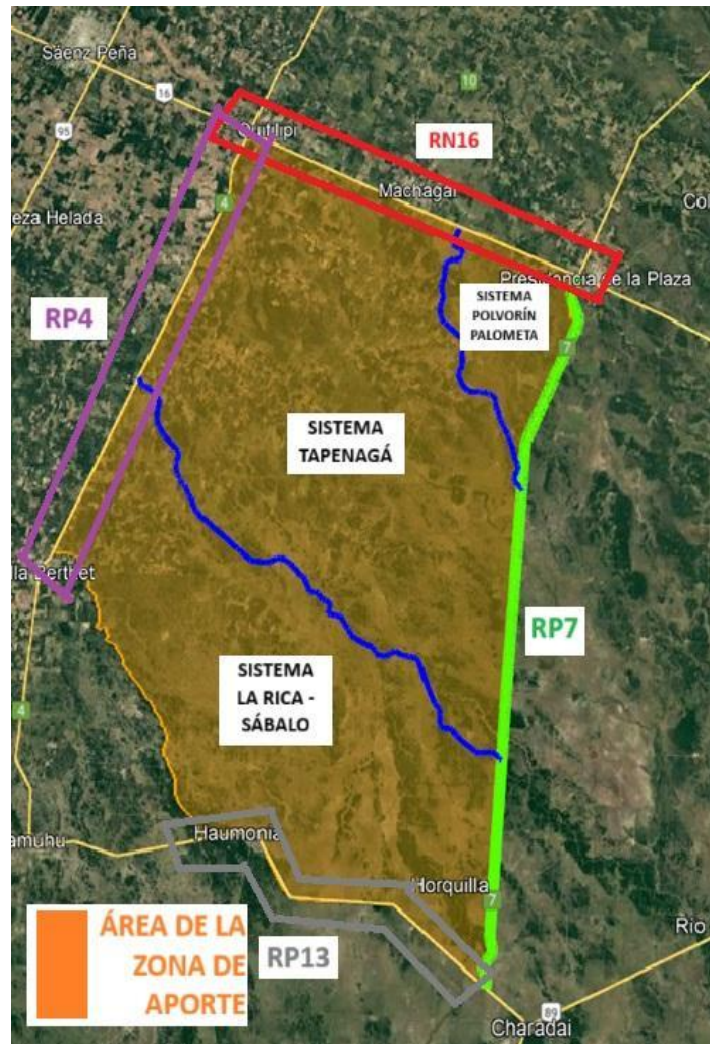


Imagen 4.1: zona de aporte del sistema hidrológico en estudio (color anaranjado) - (Fuente: Google Earth Pro).

4.6 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO

El análisis hidrológico correspondiente al tramo en estudio se realizará a partir de los registros de precipitación provistos por la Dirección de Estudios Básicos de la Administración Provincial del Agua del Chaco (APA), los cuales se incluyen en el anexo 2 del presente informe.

Como etapa preliminar, se llevó a cabo la selección de estaciones pluviométricas representativas, priorizando aquellas ubicadas en proximidad al área de influencia del proyecto y con series de datos confiables y prolongadas. Esta selección es fundamental para garantizar la representatividad espacial de los datos en la determinación del comportamiento del sistema hidrológico no típico que caracteriza la región.

Las estaciones pluviométricas seleccionadas para el presente análisis son las siguientes:

1. Quitilipi
2. Machagai
3. Presidencia de la Plaza
4. Samuhú
5. Haumonia
6. Charadai

Estas estaciones permitirán definir los parámetros hidrológicos necesarios para estimar caudales de diseño, evaluar la recurrencia de eventos extremos y caracterizar el régimen pluviométrico regional, elementos esenciales para el dimensionamiento de las obras hidráulicas proyectadas.

4.6.1 ESTADÍSTICA HIDROLÓGICA

Una vez definidas las estaciones pluviométricas representativas, se procedió al procesamiento de la información suministrada por la **APA**. Los datos disponibles corresponden a **registros diarios de precipitaciones**, con una **longitud de serie no inferior a 70 años**, lo cual garantiza una base estadística robusta para el análisis hidrológico.

Para el dimensionamiento de las obras hidráulicas, se adoptó como criterio de análisis la construcción de una **serie de máximos de precipitaciones acumuladas en 7 días consecutivos**. Esta condición resulta representativa del comportamiento hidrológico característico de los sistemas de llanura con escasa pendiente, donde el escurrimiento superficial es limitado y predominan los procesos de almacenamiento temporal en zonas deprimidas o bajos naturales.

La selección de un período de acumulación de 7 días permite capturar eventos de precipitación prolongada, capaces de saturar la capacidad de almacenamiento del sistema y generar escurrimientos diferidos o anegamientos persistentes, fenómenos típicos en este tipo de entornos.

En cuanto al **tiempo de recurrencia (TR)** adoptado para el diseño, se seleccionó un valor de **25 años**, en concordancia con las recomendaciones establecidas por **W. Jarocki** para obras de infraestructura vial y con criterios técnicos desarrollados por **Chow, Maidment y Mays**.

Esta recurrencia proporciona un nivel de protección adecuado frente a eventos hidrológicos de magnitud significativa, sin incurrir en sobredimensionamientos innecesarios en función del tipo de vía y su jerarquía dentro de la red vial provincial.

Tabla 4.1: tiempo de recurrencia para el diseño de obras viales – (Fuente: W. Jarock, 1.992).

CATEGORIA DEL CAMINO	TIEMPO DE RECURRENCIA [años]		
	TERRAPLENES	PUENTES	ALCANTARILLAS
Autopistas urbanas y rurales	100	100	50
Rutas principales	50	50	25
Camino vecinales	25	25	10
Camino provisorios	10	10	5

Tabla 4. 2: TR- Criterio generalizado para estructuras hidráulicas – (Fuente: Chow-Maidment-Mays)

Tipo de estructura	Período de retorno (años)
Alcantarillas de carreteras	
Volúmenes de tráfico bajos	5-10
Volúmenes de tráfico intermedios	10-25
Volúmenes de tráfico altos	50-100
Puentes de carreteras	
Sistema secundario	10-50
Sistema primario	50-100
Drenaje agrícola	5-50
Drenaje urbano	
Alcantarillas en ciudades pequeñas	2-25
Alcantarillas en ciudades grandes	25-50
Aeropuertos	
Volúmenes de tráfico bajos	5-10
Volúmenes de tráfico intermedios	10-25
Volúmenes de tráfico altos	50-100

Para la estimación de la precipitación máxima acumulada en 7 días consecutivos correspondiente a cada estación pluviométrica seleccionada, se aplicaron dos modelos de distribución estadística comúnmente utilizados en hidrología para el análisis de eventos extremos:

- A. Distribución de Gumbel (Valor Extremo Tipo I)
- B. Distribución Log Pearson Tipo III

A fin de evaluar el grado de ajuste de cada modelo a las series de datos históricas, se aplicaron como criterios de validación estadística el Error Cuadrático Medio de la Frecuencia (ECMF) y el Error Cuadrático Medio de la Variable (ECMV). Estos

indicadores permiten cuantificar las diferencias entre los valores observados y los estimados por cada modelo, facilitando así la selección de la distribución más adecuada para cada estación.

Como resultado del análisis, se determinó que:

- Para las estaciones de Quitilipi, Machagai, Samuhú, Haumonia y Charadai, el modelo que presentó mejor ajuste fue la **distribución de Gumbel**.
- Para la estación de Presidencia de la Plaza, el modelo con mejor ajuste fue la **distribución Log Pearson Tipo III**.

Los valores de **precipitación máxima acumulada en 7 días** estimados para un **tiempo de recurrencia de 25 años**, según el método más adecuado para cada estación, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4.3: precipitaciones de diseño para cada estación del área de aporte en estudio.

Estación	Distribución de probabilidad	Precipitación (mm) (TR = 25 años)
Quitilipi	Gumbel	316
Machagai	Gumbel	310
Presidencia de la Plaza	Log Pearson III	306
Samuhú	Gumbel	276
Haumonia	Gumbel	263
Charadai	Gumbel	310

4.6.2 DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA

Con el fin de determinar un valor representativo de precipitación promedio sobre el área de estudio, se aplicará el método de los polígonos de Thiessen, el cual permite calcular un promedio ponderado en función del área de influencia asociada a cada estación pluviométrica. Este procedimiento es particularmente útil en regiones extensas o con distribución heterogénea de estaciones, ya que proporciona un valor más realista al considerar el peso relativo de cada pluviómetro en función del territorio que representa.

El principio del método de Thiessen establece que, en cualquier punto de la cuenca o área de análisis, la precipitación se considera igual a la registrada por la estación

pluviométrica más cercana. Para definir las áreas de influencia, se construye una red de polígonos delimitados por las bisectrices perpendiculares a las líneas que conectan estaciones adyacentes. De este modo, cada pluviómetro aporta su medición a una porción específica del área total, limitada por estos polígonos.

La precipitación media areal (P) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{A} * \sum_{j=1}^j A_j * P_j$$

Donde:

- P: Precipitación promedio sobre el área total (mm)
- A: Area total de la región de estudio $A = \sum A_j$ (km^2)
- A_j : Área de influencia del pluviómetro j (km^2)
- P_j : Precipitación registrada en el pluviómetro j (mm)
- J: Número total de estaciones pluviométricas consideradas

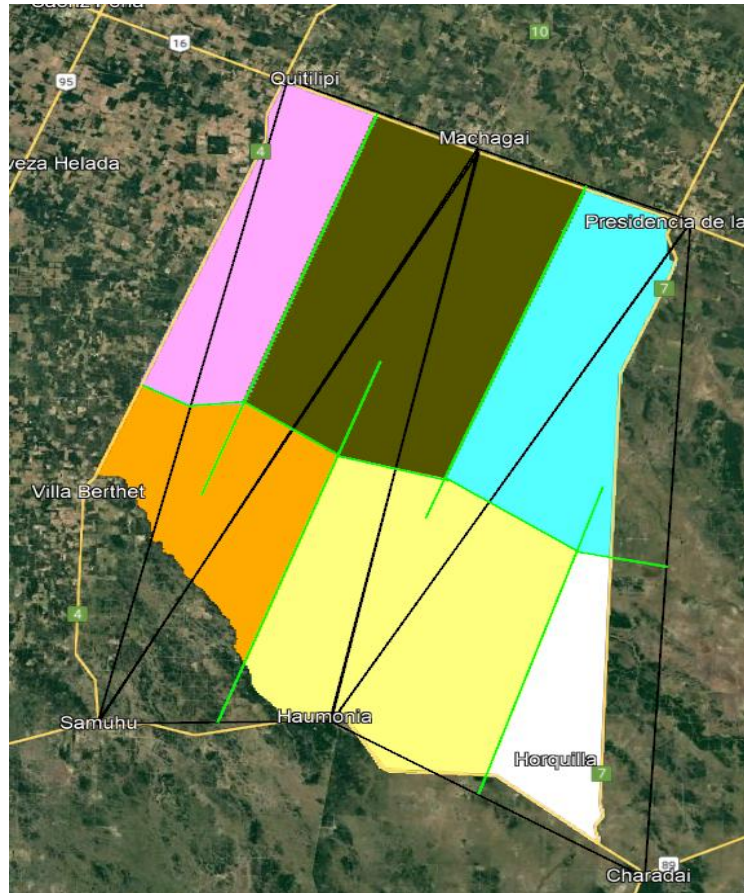


Imagen 4. 2: áreas de influencia de cada estación pluviométrica según el Método de Thiessen –
(Fuente: Google Earth Pro).

Este método asegura que las estimaciones de precipitación promedio se aproximen a las condiciones espaciales del evento hidrológico, siendo particularmente adecuado para zonas como la analizada, donde las características del terreno y el sistema de escurrimiento no típico requieren un tratamiento cuidadoso de la información pluviométrica.

Se procedió a determinar las superficies de influencia correspondientes a cada estación pluviométrica, con el fin de ponderar adecuadamente sus aportes mediante los coeficientes de Thiessen. Estos coeficientes representan la proporción del área total asignada a cada estación dentro de la red de polígonos construida.


Los resultados obtenidos, que incluyen las áreas asignadas y los coeficientes de ponderación correspondientes, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.4: coeficientes de Thiessen. - (Fuente: elaboración propia).

Estación pluviométrica	Superficie (m²)	Influencia (%)
Quitilipi	311.480.073	11,14%
Machagai	683.397.909	24,45%
Presidencia de la Plaza	611.805.407	21,89%
Samuhú	319.952.626	11,45%
Haumonia	672.596.448	24,06%
Charadai	195.845.536	7,01%
	2.795.077.998	

Por consiguiente, cada valor de precipitación máxima acumulada en 7 días consecutivos, determinado para cada estación pluviométrica, se pondera utilizando los coeficientes de Thiessen previamente calculados. De este modo, se obtiene una única precipitación de diseño representativa para la totalidad del área de influencia del sistema hidrológico en estudio.

Tabla 4.5: precipitación final ponderada. - (Fuente: elaboración propia).

Estación pluviométrica	Precipitación (mm) (TR = 25 años)	Coef. Thiessen	Precipitación afectada por influencia de Thiessen (mm)
Quitilipi	316	11,14%	35
Machagai	310	24,45%	76
Presidencia de la Plaza	306	21,89%	67
Samuhú	276	11,45%	32
Haumonia	263	24,06%	63
Charadai	310	7,01%	22
	Precipitación de diseño		295

4.7 DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN EXCEDENTE

La determinación del **volumen excedente** constituye una etapa fundamental dentro del análisis hidrológico aplicado a proyectos viales, dado que permite cuantificar el porcentaje del volumen total de precipitación incidente sobre la cuenca que

efectivamente contribuye al escurrimiento superficial que impacta sobre la traza de la ruta.

El objetivo principal es calcular el volumen de agua que no es disipado a través de procesos naturales tales como la infiltración, la evapotranspiración (ET) y el almacenamiento en depresiones superficiales, y que por ende debe ser gestionado mediante el sistema de drenaje vial —incluyendo la red de alcantarillas, cunetas y otros dispositivos— con el fin de evitar daños estructurales, garantizar la operatividad y prolongar la vida útil de la infraestructura vial.

Para la correcta estimación del volumen excedente se consideran los siguientes procesos hidrológicos:

- **Infiltración:** transferencia del agua desde la superficie hacia el subsuelo, reduciendo el volumen de escurrimiento superficial.
- **Evapotranspiración (ET):** pérdida de agua hacia la atmósfera por evaporación directa y transpiración vegetal.
- **Almacenamiento en depresiones:** retención temporal de agua en bajas topográficas o en zonas de acumulación, retardando o impidiendo su escurrimiento.
- **Conducción por cauces naturales y artificiales:** transporte del agua a través de canales, zanjas o drenajes hasta puntos de descarga.

El **volumen excedente** o **escurrimiento superficial neto** se define, entonces, como el remanente del volumen pluvial que no ha sido perdido por los mecanismos mencionados y que fluye directamente hacia el sistema de drenaje vial.

Este volumen es el parámetro clave para el dimensionamiento hidráulico de los elementos de drenaje —tales como cunetas, alcantarillas y estructuras complementarias—, asegurando que dispongan de la capacidad suficiente para manejar los caudales máximos proyectados. De esta manera, se minimizan los riesgos asociados a acumulaciones de agua sobre la calzada, erosión de los terraplenes y otras problemáticas hidrológicas que puedan comprometer la estabilidad y funcionalidad de la plataforma vial.

En conclusión, la adecuada determinación del volumen excedente es esencial para garantizar la eficiencia del sistema de drenaje y la durabilidad de la infraestructura vial durante su vida útil de diseño.

4.7.1 VOLUMEN DE LLUVIA

Para la determinación del volumen excedente, en primer lugar, se calculó el volumen total de precipitación correspondiente a la precipitación de diseño, considerando la superficie de la cuenca de aporte y la intensidad pluviométrica asociada al evento hidrológico seleccionado:

Tabla 4.6: volumen de lluvia para el área de aporte. - (Fuente: elaboración propia).

Superficie del área de aporte (km²)	Precipitación de diseño (mm)	Volumen de lluvia (hm³)
2.795,08	295	824,55

4.7.2 DETERMINACIÓN DE ZONAS DE BAJOS

Como se mencionó anteriormente, los movimientos verticales del agua (precipitación, infiltración y evapotranspiración) predominan en el diseño hidráulico del área de estudio. Por esta razón, resulta fundamental la identificación y caracterización de las zonas deprimidas o bajos topográficos dentro del área de influencia, ya que estas actúan como reservorios naturales y determinan la capacidad de almacenamiento superficial de la cuenca antes de que se genere escurrimiento horizontal significativo.

Para la delimitación de dichas zonas deprimidas, se utilizaron cartas topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), disponibles en el sitio oficial del Ministerio de Defensa de la Nación y mediante la plataforma digital IGN Argenmap. Se seleccionaron específicamente las cartas correspondientes al área del anteproyecto, las cuales se encuentran en escala 1:250.000.

A partir del análisis e interpretación de estas cartas, se logró identificar la presencia de diversos esteros, cañadas y lagunas características de la región. Se procedió al procesamiento de las imágenes y cartografía para obtener las superficies correspondientes a cada una de estas formaciones. Entre los cuerpos de agua identificados se destacan:

Tabla 4.7: listado de bajos, con sus respectivas capacidades de almacenamiento - (Fuente: elaboración propia).

N°	Denominación	Nombre	Superficie (m ²)	Profundidad promedio estimada (m)	Capacidad (m ³)
1	Cañada	Colonia Aborígen	114.649.523	0,7	80.254.666
2	Cañada	El Aguará	83.632.771	0,7	58.542.940
3	Cañada	La Rica	88.677.342	1	88.677.342
4	Cañada	Total	53.200.402	0,7	37.240.281
5	Cañada	Yrigoyen	8.605.025	0,7	6.023.518
6	Estero	Asencio	7.147.132	0,8	5.717.706
7	Estero	de los Morteros	17.782.433	0,8	14.225.946
8	Estero	El Aguará	2.949.570	0,8	2.359.656
9	Estero	El Overo	70.038.746	0,8	56.030.997
10	Estero	Palometa	8.976.081	0,8	7.180.865
11	Estero	Saravia	31.406.593	0,8	25.125.274
12	Estero	Tapenagá	146.618.447	1	146.618.447
13	Laguna	Fernández	597.562	1	597.562

El volumen total de almacenamiento potencial estimado en las zonas deprimidas dentro del área de aporte asciende a **528,6 hm³**.

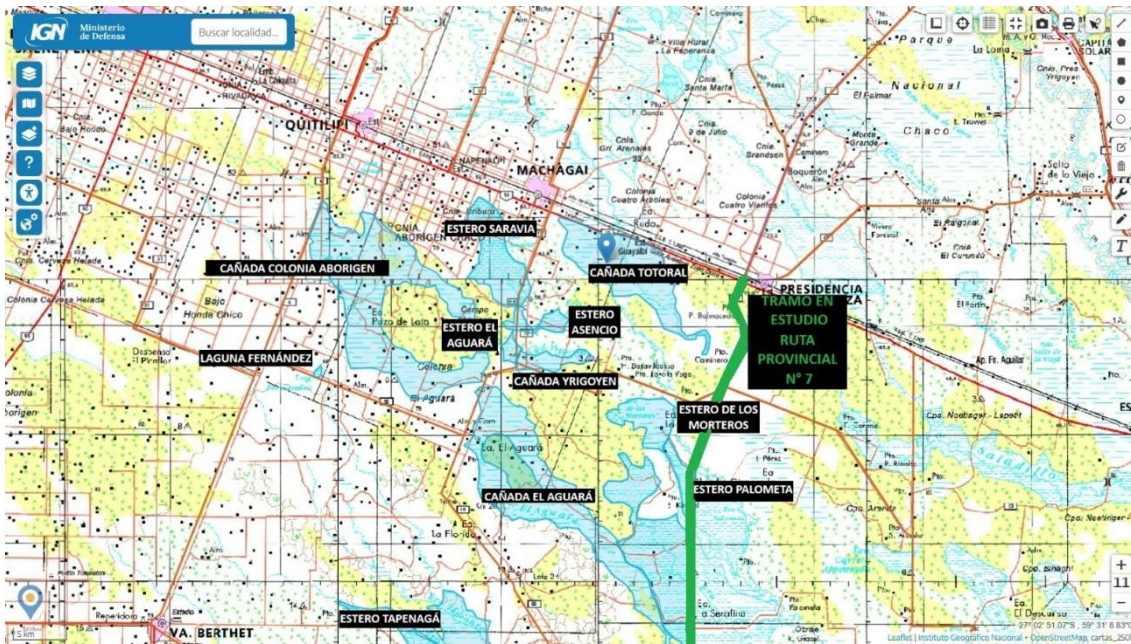


Imagen 4. 3: procesamiento de la cartografía del IGN para la determinación de las superficies correspondientes a los bajos - (Fuente: IGN, Ministerio de Defensa de la Nación, programa Argenmap).

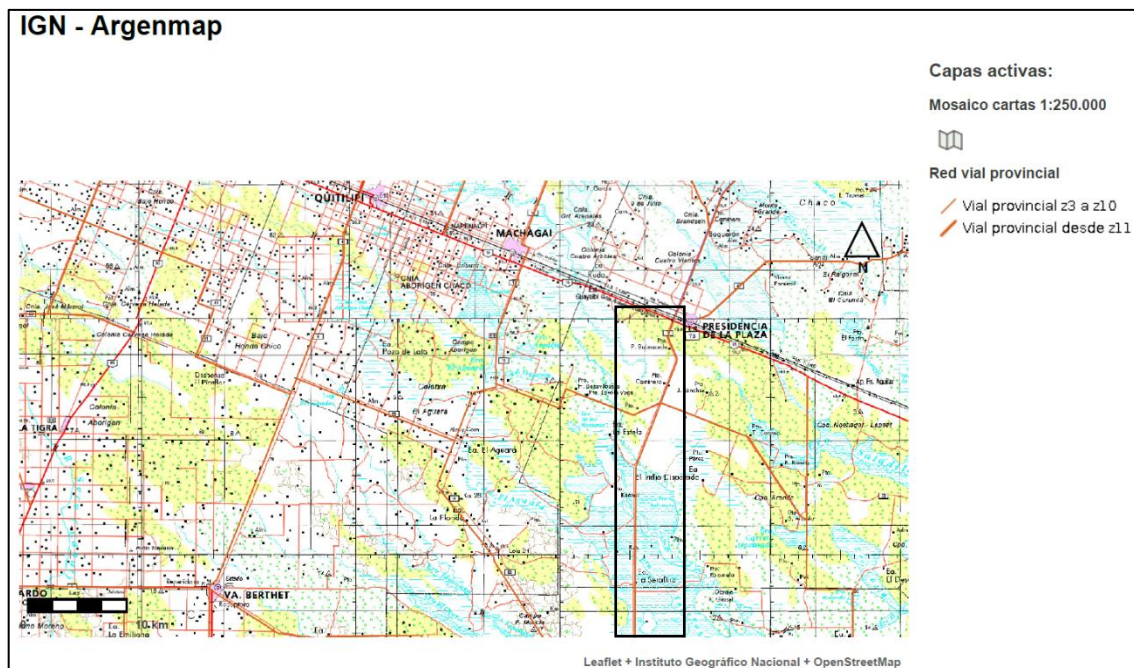


Imagen 4. 4: cartografía utilizada para la determinación de los volúmenes almacenados. – Zona de estudio. - (Fuente: sitio web IGN - Argenmap).

4.7.3 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN

Para la estimación de la capacidad de infiltración del área en estudio, se empleó el método propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (SCS), conocido también como método del “Número de Curva” (CN).

Este método permite estimar el volumen de infiltración inicial (I_a) en función de la retención potencial máxima del área de aporte (S), relacionando ambos parámetros para caracterizar la respuesta hidrológica del terreno. El número de curva (CN), que representa las condiciones hidrológicas del área, se determina en función del uso del suelo y la capacidad de infiltración del mismo, permitiendo así calcular las variables necesarias para la cuantificación de escurrimientos.

La experiencia práctica ha establecido que el volumen de infiltración inicial (I_a) corresponde aproximadamente al 20% de la retención potencial máxima (S). La relación entre S (expresado en pulgadas) y el número de curva (CN) se define mediante la fórmula:

$$CN = \frac{1000}{10 + S} \quad \text{ó} \quad S = \frac{1000}{CN} - 10$$

El SCS establece tres clases de condiciones de humedad antecedente (AMC) para una cuenca: clase I (seca), clase II (normal) y clase III (húmeda). Se pueden transformar los valores de CN correspondientes a la clase II a las otras dos clases para ajustarse a las condiciones específicas de humedad del suelo.

Los grupos hidrológicos de suelo se clasifican según su capacidad de infiltración: el grupo A corresponde a suelos con alta capacidad de transmisión de agua, el grupo B a una capacidad moderada, el grupo C a una capacidad lenta y el grupo D a una capacidad muy lenta.

Habiéndose evaluado las tres AMC con detenimiento, para el diseño del sistema de alcantarillado de la RP7, se adoptó la condición de humedad antecedente clase II: se considera dicha condición adecuada para el tipo de sistema hidrológico en estudio, ya que el método, para la clase III, arroja valores de CN muy altos y que no son representativos del comportamiento de la cuenca.

Tabla 4. 8: clases de condición de humedad antecedente para una cuenca. - (Fuente: Texto básico de Hidrología, Ing. William R. Gámez Morales, 2009).

Clases de condición de humedad antecedente	Lluvia total de los 5 a 30 días anteriores (mm)	
	Estación sin desarrollo vegetativo	Estación de crecimiento vegetativo
I	menos de 12.7mm	menos de 35.6 mm
II	de 12.7 a 27.9 mm	de 35.6 a 53.3 mm
III	más de 27.9 mm	más de 53.3 mm

Tabla 4.9: números de curva de escorrentía para complejos hidrológicos suelo - cubierta (para las condiciones de humedad antecedente de una cuenca Clase II e Ia = 0,2 S), según el Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU. – (Fuente: Texto básico de Hidrología, Ing. William R. Gámez Morales, 2.009).

Uso de la tierra o cubierta	Tratamiento o práctica	Condiciones hidrológicas	Grupo hidrológico			
			A	B	C	D
Barbecho	en surco	deficientes	77	86	91	94
Cultivos en líneas	en surco	deficientes	72	81	88	91
	en surco	buenas	67	78	85	89
	en fajas a nivel	deficientes	70	79	81	88
	en fajas a nivel	buenas	65	75	82	86
	en fajas a nivel & terreno	deficientes	66	74	80	82
	en fajas a nivel & terreno	buenas	62	71	78	81
Cereales	en surco	deficientes	65	76	84	88
	en surco	buenas	63	75	83	87
	en fajas a nivel	deficientes	63	74	82	85
	en fajas a nivel	buenas	61	73	81	85
	en fajas a nivel & terreno	deficientes	61	72	79	82
	en fajas a nivel & terreno	buenas	59	70	78	81
Leguminosa muy densas o praderas en rotación	en surco	deficientes	66	77	85	89
	en surco	buenas	58	72	81	85
	en fajas a nivel	deficientes	64	75	83	85
	en fajas a nivel	buenas	55	69	78	83
	en fajas a nivel & terreno	deficientes	63	73	80	83
	en fajas a nivel & terreno	buenas	51	67	76	80
Pastos		deficientes	68	79	86	89
		regulares	49	69	79	84
		buenas	39	61	74	80
	en faja a nivel	deficientes	47	67	81	88
	en faja a nivel	regulares	25	59	75	83
	en faja a nivel	buenas	6	35	70	79
Praderas (permanentes)		Buenas	30	58	71	78
Bosques		deficientes	45	66	77	83
		regulares	36	60	73	79
		buenas	25	55	70	77
Granjas			59	74	82	86
Carreteras sin afirmar			72	82	87	89
Carreteras afirmadas			74	84	90	92

Tabla 4.10: conversión de condición de humedad antecedente Clase II a Clases I y III. –

(Fuente: Texto básico de Hidrología, William Gámez Morales, 2009).

CN para la condición II	CN para la condición		Valores de S [pulgadas]	La curva empieza donde P [pulgadas]
	I	III		
100	100	100	0.00	0.00
98	95	99	0.20	0.04
96	91	98	0.42	0.08
94	87	97	0.64	0.13
92	83	96	0.87	0.17
90	79	95	1.11	0.22
88	75	94	1.36	0.27
86	72	93	1.63	0.33
84	69	92	1.90	0.38
82	66	91	2.20	0.44
80	63	90	2.50	0.50
78	60	89	2.82	0.56
76	57	88	3.16	0.63
74	54	87	3.51	0.70
72	52	86	3.89	0.78
70	49	84	4.29	0.86
68	47	83	4.71	0.94
66	45	82	5.15	1.03
64	43	80	5.63	1.13
62	41	79	6.13	1.23
60	39	78	6.67	1.33
58	37	76	7.24	1.45
56	35	75	7.86	1.57
54	33	73	8.52	1.70
52	31	71	9.23	1.85
50	30	70	10.00	2.00
48	28	68	10.83	2.17
46	26	66	11.74	2.35
44	25	64	12.73	2.55
42	23	62	13.81	2.76
40	22	61	15.00	3.00
38	20	59	16.32	3.26
36	19	56	17.78	3.56
34	18	54	19.41	3.88
32	17	52	21.25	4.25
30	15	50	23.33	4.67
25	12	43	30.00	6.00
20	10	37	40.00	8.00
15	7	29	56.67	11.33
10	4	20	90.00	18.00
5	2	11	190.00	38.00
0	0	0	Infinito	Infinito

Para la estimación del **número de curva (CN)** representativo del área de aporte, se llevó a cabo una clasificación detallada del **uso del suelo** en la zona de estudio. Esta clasificación permite asociar cada tipo de cobertura y condición superficial con un valor de CN conforme a las tablas estandarizadas provistas por el SCS (Soil Conservation Service), considerando además el **grupo hidrológico de suelo** correspondiente.

La clasificación del uso del suelo se realizó mediante un análisis cartográfico y de imágenes satelitales, complementado con información provista por organismos oficiales. A partir de este relevamiento, se determinaron las principales unidades de uso/cobertura del terreno y se asignaron los valores de CN correspondientes bajo condiciones de humedad antecedente clase II, condición adoptada para el diseño.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4. 11: estimación del CN del área de estudio para la condición II del método del SCS. -
(Fuente: elaboración propia).

Uso de suelo	Ejemplos	Sup. (m ²)	Influencia (%)	CN II mín.	CN II máx.	CN II mín pond.	CN II máx pond.
Praderas y pastizales	Vegetación en zonas húmedas	708.036.373	25,33%	58	71	14,69	17,99
Bosques y montes	Árboles y plantas de la región	1.062.054.560	37,99%	55	70	20,90	26,60
Esteros, cañadas y lagunas	Tapenagá, La Rica, etc.	634.281.627	22,70%	0	20	4,54	4,54
Caminos	Rurales, de tierra	4.500.000	0,16%	2	87	0,13	0,14
Cultivos	Soja, maíz, etc.	384.856.629	13,77%	3	82	10,05	11,29
Áreas urbanas	Horquilla, Colonia Aborigen	1.348.809	0,05%	84	90	0,04	0,04
	Total	2.795.077.998				50	61

Como resultado del análisis de uso del suelo y grupos hidrológicos, se adopta un valor representativo del número de curva bajo condiciones de humedad antecedente clase II igual a **55**.

A partir de este valor, se calcula la **retención potencial máxima del área de aporte (S)** utilizando la fórmula propuesta por el **SCS**:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$\text{Sustituyendo: } S = \frac{1000}{55} - 10 = 8,18''$$

Posteriormente, se estima la **infiltración inicial (Ia)**, considerando que corresponde al 20% del valor de S, según lo establecido por el mismo método:

$$Ia = 0,2 * S = 0,2 * 8,18 = 1,63'' = 41,56 \text{ mm} \approx 42 \text{ mm.}$$

Este valor se adopta como la **capacidad de infiltración inicial de la cuenca**, bajo condiciones de máxima saturación, de acuerdo con los lineamientos del método SCS.

Para determinar el **volumen total infiltrado**, se multiplica la profundidad de infiltración por la **superficie del área de aporte**, cuya extensión es de **2.795.077.998 m²**:

$$\text{Volumen de infiltración} = 42 \text{ mm} * 2.795.077.998 \text{ m}^2 = 116.173.606 \text{ m}^3 = 116,17 \text{ hm}^3.$$

Este volumen representaría la cantidad de agua que el sistema natural puede infiltrar antes de generar escurrimiento superficial efectivo, siendo un parámetro clave para el dimensionamiento del sistema de drenaje de la infraestructura vial.

4.7.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN

De acuerdo con los valores reportados en el trabajo de **Morábito et al. (2015)**: "*Distribución espacial de la evapotranspiración del cultivo de referencia y de la precipitación efectiva para las provincias del centro-noreste de Argentina*", publicado en la **Revista FCA UNCUYO, Vol. 47(1), pp. 109–125**, la zona correspondiente al tramo en estudio presenta una **evapotranspiración promedio anual de aproximadamente 1.400 mm**.

Este valor representa la cantidad estimada de agua que se pierde anualmente por procesos de **evaporación directa** desde la superficie del suelo y **transpiración vegetal**, constituyendo un componente clave en el balance hídrico de la cuenca y en la estimación del volumen de escurrimiento superficial disponible.

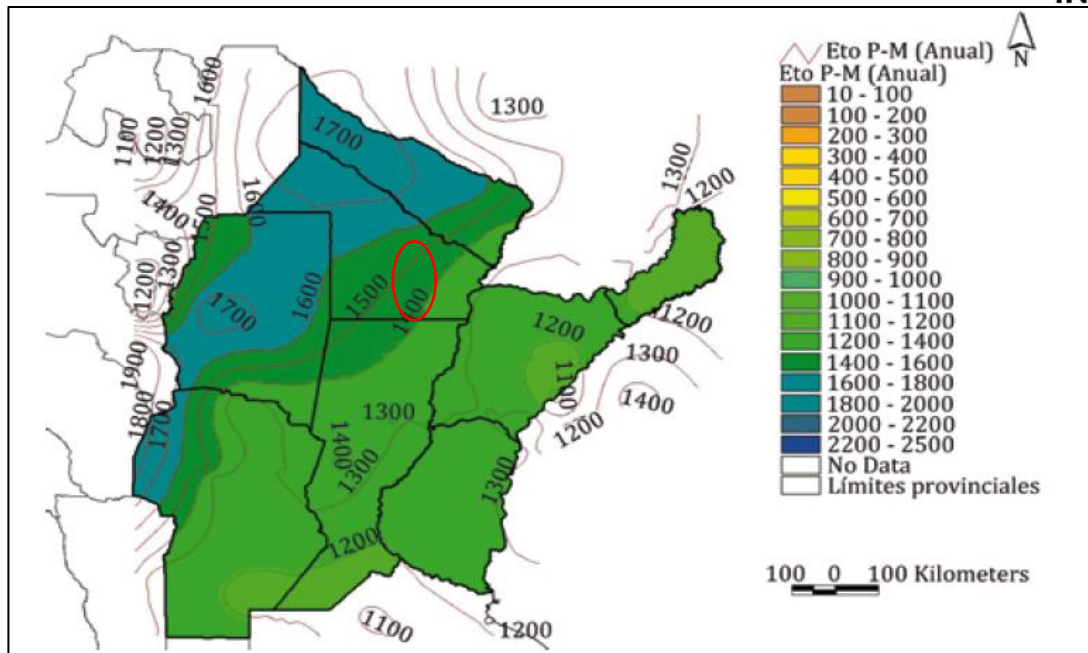


Imagen 4.5: evapotranspiración potencial anual. - (Fuente: Morábito, J., et al. (2015). Distribución espacial de la evapotranspiración del cultivo de referencia y de la precipitación efectiva para las provincias del centro-noreste de Argentina. Revista FCA UNCUYO, 47(1), 109-125”).

Con el objetivo de vincular los valores de **evapotranspiración (ET) anual** con los eventos de **precipitación acumulada en 7 días consecutivos**, se procedió al procesamiento de datos mensuales de ET disponibles en el sitio web del **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)**, mediante el uso de la plataforma “**INTA Digital Geo**”.

Dicha herramienta proporciona información especializada de variables agroclimáticas, entre ellas la **evapotranspiración de referencia mensual (ET_o)**, lo que permitió obtener una distribución temporal de la ET a lo largo del año. A partir de estos datos mensuales, fue posible estimar la **ET correspondiente al período de análisis específico (7 días)**, necesaria para su incorporación en el balance hídrico del evento de diseño.

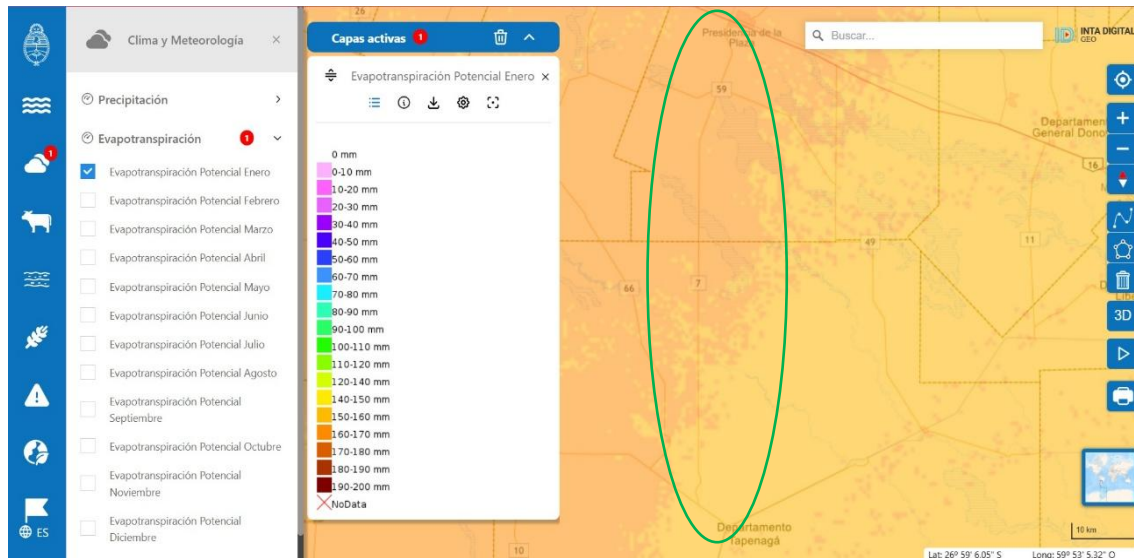


Imagen 4.6: evapotranspiración correspondiente al mes de enero. - (Fuente: INTA Digital Geo).

Se efectuó un análisis mensual de la **evapotranspiración de referencia (ET_o)** para el área de estudio, utilizando los datos provistos por la plataforma **INTA Digital Geo**. A fin de obtener un valor representativo de **evapotranspiración promedio diaria**, se aplicó un **coeficiente de ponderación estacional** a cada mes del año, en función del comportamiento climático típico de cada estación (otoño, invierno, primavera y verano).

Esta ponderación permitió reflejar adecuadamente las variaciones en la demanda atmosférica de agua, propias de cada estación, y así obtener una estimación más precisa de la **ET media diaria**, necesaria para su integración al análisis de escurrimiento superficial durante eventos de corta duración (7 días consecutivos).

Tabla 4. 12: valores de ET diaria promedio - (Fuente: elaboración propia).

Mes	Coefficiente de pond.	ET anual (mm)	ET potencial mensual (mm)	Días del mes	ET promedio diaria del mes (mm)
Enero	0,16	1400	224	31	7
Febrero	0,12	1400	168	28	6
Marzo	0,11	1400	154	31	5
Abril	0,07	1400	98	30	3
Mayo	0,06	1400	84	31	3
Junio	0,02	1400	28	30	1
Julio	0,02	1400	28	31	1
Agosto	0,03	1400	42	31	1
Septiembre	0,06	1400	84	30	3
Octubre	0,08	1400	112	31	4
Noviembre	0,12	1400	168	30	6
Diciembre	0,15	1400	210	31	7

Para la adopción de la **evapotranspiración (ET) de diseño**, se seleccionó el mes de **abril** como referencia, dado que durante este período se presentan **precipitaciones significativas** mientras que los valores de ET permanecen en un rango **medio a bajo**, lo cual representa una condición crítica desde el punto de vista hidrológico para el diseño del sistema de drenaje.

Se adopta un valor medio de:

$$ET \text{ de diseño} = 1400\text{mm}/365 \text{ días} = 3,8 \text{ mm/día.}$$

Multiplicando por el período de análisis de **7 días consecutivos**:

$$ET \text{ total} = 3,8 \text{ mm/día} * 7 = 26,6 \text{ mm.}$$

Al convertir este valor en volumen, considerando la **superficie de aporte** de 2.795.077.998 m², se obtiene:

$$\text{Volumen de ET} = 26,6 \text{ mm} * 2.795.077.998 \text{ m}^2 = 74.349.074,75 \text{ m}^3.$$

Equivalente a: 74,3 hm³.

4.7.5 CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CANALES

La traza de la ruta provincial N°7 es interceptada, de manera casi perpendicular, por un canal de drenaje artificial correspondiente a la red de los Bajos Submeridionales, identificado como "Línea Tapenagá". Este canal cumple una función hidráulica relevante en el sistema regional de evacuación de excedentes.

Según lo documentado en "Adecuación hidráulica de un terraplén ferroviario para un evento de alta recurrencia" (Ruberto, Pilar & Gómez, 2014), la capacidad de conducción del canal se estima en:

Caudal máximo = 28 m³/s.

Para un evento de diseño de 7 días (equivalente a 604.800 segundos):

Volumen conducido = 28 m³/s * 604.800 s = 16.934.400 m³ = 16,93 hm³.

Este volumen representa la capacidad máxima teórica del canal Tapenagá de evacuar escurrimientos durante un evento sostenido de alta recurrencia, y constituye un límite crítico a considerar en la evaluación del balance hídrico y dimensionamiento de las obras transversales asociadas.

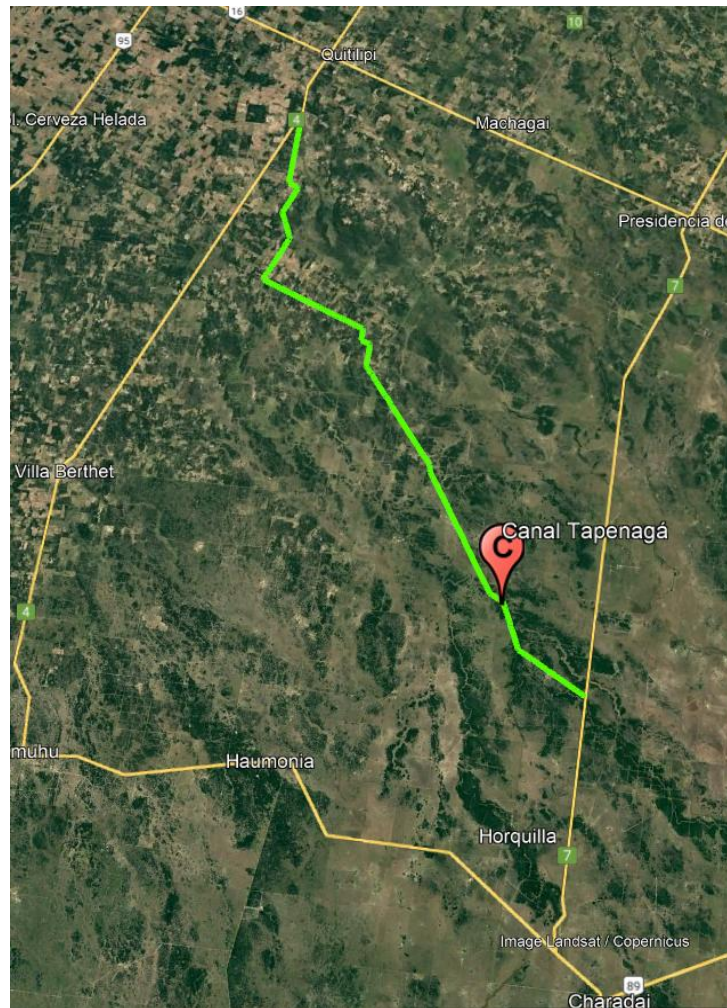


Imagen 4.7: traza del canal Tapenagá sobre el área de estudio - (Fuente: Google Earth Pro).

4.7.6 VOLUMEN EXCEDENTE

A partir de los parámetros hidrológicos e hidráulicos obtenidos en los apartados anteriores incluyendo precipitación de diseño, volumen de infiltración, evapotranspiración, almacenamiento en zonas deprimidas y capacidad de conducción de canales existentes se procede a la estimación del volumen excedente de escorrentía superficial bajo condiciones extremas.

Este volumen representa el agua que no es retenida ni infiltrada por el sistema natural y que, por lo tanto, requiere ser evacuada mediante infraestructura de drenaje transversal.

La cuantificación de dicho volumen resulta fundamental para:

- Verificar la **capacidad hidráulica de las alcantarillas existentes**.

- Evaluar la **necesidad de ampliación o sustitución de estructuras inadecuadas**.
- Dimensionar las **nuevas alcantarillas requeridas** a lo largo del tramo en estudio de la Ruta Provincial N°7.

De este modo, se asegura que el sistema de drenaje vial tenga la capacidad necesaria para **gestionar eficientemente los caudales generados durante eventos críticos**, evitando anegamientos, erosión de taludes y daños estructurales, y garantizando la **operatividad y seguridad de la infraestructura vial** bajo las condiciones de diseño adoptadas.

Tabla 4. 13: volumen de escurrimiento para el diseño de alcantarillas - (Fuente: elaboración propia).

Área de la zona de aporte (km ²)	Altura de precipitación de diseño (mm) (TR = 25 años)	Volumen de lluvia (hm ³)	Volumen de infiltración (hm ³)	Volumen de almacenamiento (hm ³) (*)	Volumen de ET (m ³)	Capacidad canal artificial (hm ³)	Volumen de escurrimiento (hm ³)
2.795,08	295	824,55	116,17	475,74	74,35	16,93	141,36

*Se toma 90% del volumen de almacenamiento total, en función de la condición de humedad antecedente adoptada para el cálculo (CII). Esto implica que en un período de 5 a 30 días anteriores a que ocurra la tormenta de diseño (295 mm), hayan precipitado entre 25 mm y 35 mm en promedio. Esta altura de lluvia, multiplicada por la superficie de las zonas de bajos que se encuentran dentro del área de aporte, da como resultado un volumen equivalente al 10% de la capacidad total de almacenamiento potencial.

El caudal de escurrimiento se determina a partir del volumen total excedente calculado, dividiendo dicho volumen por el tiempo de ocurrencia del evento de diseño, conforme a la siguiente expresión:

$$Q = \frac{141.355.248 \text{ m}^3}{7 \text{ días}} = \frac{141.355.248 \text{ m}^3}{604.800 \text{ s}} = 233,7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

En consecuencia, las alcantarillas deberán contar con la capacidad hidráulica para conducir un caudal de aproximadamente 233,7 m³/s que abarca todos los sistemas. Se procederá a la verificación de la capacidad de las 134 alcantarillas existentes para asegurar que pueden transportar eficientemente dicho caudal. En caso de no cumplir con esta condición, se desarrollará un diseño de ingeniería para una nueva infraestructura capaz de evacuar el volumen excedente garantizando la seguridad y funcionalidad del sistema de drenaje.

4.8 DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CÁLCULO Y VERIFICACIÓN DE CAPACIDADES

4.8.1 SITUACIÓN ACTUAL

El tramo de estudio en la actualidad cuenta con una gran cantidad de alcantarillas a lo largo de su desarrollo, donde las mismas presentan distintas dimensiones, elaboradas de hormigón, tanto in situ, como prefabricadas. Su disposición no muestra un patrón claro, sino que fueron colocadas en las zonas donde la topografía es baja.

A continuación, se muestran imágenes de las alcantarillas encontradas en la zona de estudio y su distribución.

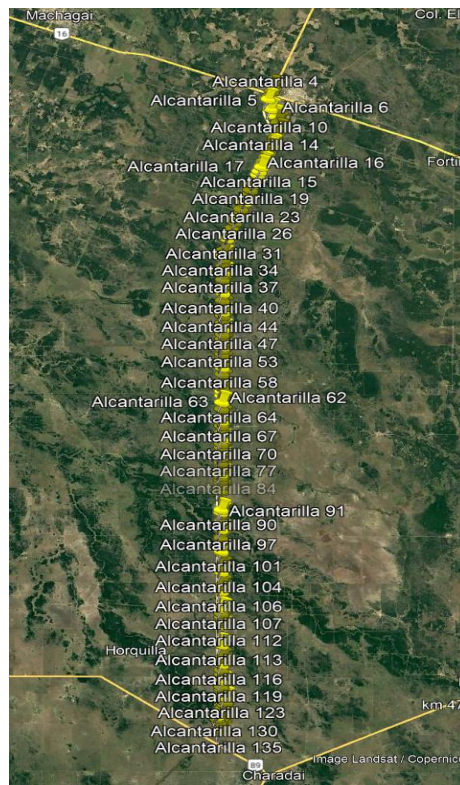


Imagen 4.8: ubicación de las alcantarillas existentes de la traza en estudio. - (Fuente: Google Earth Pro).



Imagen 4.9: alcantarilla 3. Sección rectangular. Obstruida por residuos. - (Fuente: Google Earth Pro).



Imagen 4.10: alcantarilla 26. Sección rectangular. Obstrucciones debidas a la densa vegetación y falta de mantenimiento. - (Fuente: Google Earth Pro).



Imagen 4.11: alcantarilla 30. Sección rectangular. Obstrucciones debidas a la densa vegetación y falta de mantenimiento. - (Fuente: Google Earth Pro).



Imagen 4.12: alcantarilla 51. Sección rectangular y con barandas. Sobre el brazo norte del Río Tapenagá.
- (Fuente: Google Earth Pro).



Imagen 4.13: alcantarilla 52. Sección rectangular y con barandas. Sobre el brazo norte del Río Tapenagá.
- (Fuente: Google Earth Pro).



Imagen 4.14: alcantarilla 117. Sección rectangular. Fisura en la losa. - (Fuente: Google Earth Pro).



Imagen 4.15: alcantarilla 135. Sección circular. - (Fuente: Google Earth Pro).

4.8.2 VERIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el tramo se encontraron 135 alcantarillas; como puede verse en la tabla 4.14, donde se calculó la conductancia de cada una y se obtuvieron como resultado que las alcantarillas del tramo son capaces de erogar un caudal de 281,16 m³/s.

Tabla 4.14: listado de alcantarillas relevadas en el tramo. - (Fuente: Elaboración propia).

N°	Progresiva	Forma geométrica	Sección hidráulica (m ²)	Material	Caudal (m ³ /s)
0	0+000				
1	0+345	Rectangular	2.13	Hormigón	1.01
2	0+780	Rectangular	2.4	Hormigón	1.20
3	1+380	Rectangular	6.92	Hormigón	5.06
4	1+690	Rectangular	1.7	Hormigón	0.78
5	2+820	Rectangular	2.65	Hormigón	1.17
6	3+575	Rectangular	2.88	Hormigón	1.23
7	4+420	Rectangular	8.16	Hormigón	6.01
8	5+255	Rectangular	2.25	Hormigón	1.12
9	6+125	Rectangular	2.73	Hormigón	1.39
10	6+925	Rectangular	2	Hormigón	0.95
11	7+620	Rectangular	2	Hormigón	0.95
12	7+855	Rectangular	2.64	Hormigón	1.39
13	8+305	Rectangular	1.1	Hormigón	0.42
14	8+950	Rectangular	3.71	Hormigón	2.16
15	9+450	Rectangular	3.85	Hormigón	2.31
16	9+960	Rectangular	2.225	Hormigón	1.11
17	10+420	Rectangular	1.44	Hormigón	0.62
18	11+000	Rectangular	5.05	Hormigón	3.12
19	11+420	Rectangular	2.92	Hormigón	1.48
20	12+020	Rectangular	4.34	Hormigón	2.70
21	12+680	Rectangular	5.08	Hormigón	3.30

22	13+025	Rectangular	3.72	Hormigón	2.11
23	13+500	Rectangular	5.24	Hormigón	3.45
24	14+215	Rectangular	4.095	Hormigón	2.36
25	14+790	Rectangular	6.255	Hormigón	4.35
26	15+390	Rectangular	17.88	Hormigón	15.48
27	15+720	Rectangular	5.13	Hormigón	3.28
28	16+430	Rectangular	1.55	Hormigón	0.66
29	17+000	Rectangular	4.4	Hormigón	2.69
30	17+210	Rectangular	10.32	Hormigón	7.81
31	17+710	Rectangular	1.6	Hormigón	0.72
32	17+775	Rectangular	2.22	Hormigón	1.11
33	18+990	Rectangular	2.835	Hormigón	1.47
34	19+490	Rectangular	1.825	Hormigón	0.84
35	19+870	Rectangular	2.87	Hormigón	1.50
36	20+695	Rectangular	5.76	Hormigón	3.87
37	21+325	Rectangular	3.285	Hormigón	1.70
38	22+085	Rectangular	4.185	Hormigón	2.44
39	22+715	Rectangular	3.08	Hormigón	1.60
40	23+540	Rectangular	4	Hormigón	2.35
41	24+290	Rectangular	4.12	Hormigón	2.45
42	24+500	Rectangular	3.72	Hormigón	2.11
43	24+980	Rectangular	3.36	Hormigón	1.88
44	25+500	Rectangular	3.76	Hormigón	2.15
45	25+975	Rectangular	4.08	Hormigón	2.42
46	26+730	Rectangular	4.12	Hormigón	2.45
47	27+260	Rectangular	3.88	Hormigón	2.25
48	27+900	Rectangular	3.8	Hormigón	2.18
49	28+370	Rectangular	3.32	Hormigón	1.79
50	28+700	Rectangular	4.05	Hormigón	2.32
51	28+975	Rectangular	20.25	Hormigón	17.04
52	29+010	Rectangular	27.45	Hormigón	27.31
53	29+225	Rectangular	5.495	Hormigón	3.73
54	29+475	Rectangular	4.85	Hormigón	2.94
55	29+970	Rectangular	5.9	Hormigón	3.92
56	30+420	Rectangular	3.84	Hormigón	2.21
57	30+930	Rectangular	4.32	Hormigón	2.62
58	31+430	Rectangular	5.15	Hormigón	3.21
59	32+125	Rectangular	3.64	Hormigón	2.05
60	32+820	Rectangular	2.52	Hormigón	1.28
61	33+515	Rectangular	1.66	Hormigón	0.75
62	33+940	Rectangular	1.68	Hormigón	0.77
63	34+465	Rectangular	2.45	Hormigón	1.26
64	35+060	Rectangular	2.22	Hormigón	1.11
65	35+880	Rectangular	3.075	Hormigón	1.72
66	36+675	Rectangular	2.46	Hormigón	1.27
67	37+210	Rectangular	2.7	Hormigón	1.44

68	37+615	Rectangular	2.38	Hormigón	1.22
69	38+415	Rectangular	3.1	Hormigón	1.74
70	39+015	Rectangular	2.02	Hormigón	0.98
71	39+615	Rectangular	2.975	Hormigón	1.65
72	39+990	Rectangular	2.48	Hormigón	1.29
73	40+500	Rectangular	2.36	Hormigón	1.21
74	40+630	Rectangular	2.95	Hormigón	1.63
75	40+685	Rectangular	2.9	Hormigón	1.57
76	40+810	Rectangular	2.5	Hormigón	1.30
77	40+860	Rectangular	2.48	Hormigón	1.29
78	41+005	Rectangular	2.56	Hormigón	1.34
79	41+040	Rectangular	2.575	Hormigón	1.35
80	41+530	Rectangular	2.68	Hormigón	1.42
81	41+820	Rectangular	2.2	Hormigón	1.10
82	42+190	Rectangular	2.58	Hormigón	1.35
83	42+385	Rectangular	2.5	Hormigón	1.30
84	42+810	Rectangular	2.42	Hormigón	1.25
85	43+080	Rectangular	2.56	Hormigón	1.34
86	43+400	Rectangular	2.52	Hormigón	1.31
87	43+730	Rectangular	2.62	Hormigón	1.38
88	44+030	Rectangular	2.38	Hormigón	1.22
89	44+570	Rectangular	1.96	Hormigón	0.94
90	46+620	Rectangular	5.8	Hormigón	3.97
91	46+905	Rectangular	4.17	Hormigón	2.58
92	46+985	Rectangular	6.08	Hormigón	4.24
93	47+000	Rectangular	37.65	Hormigón	44.13
94	47+200	Rectangular	6.76	Hormigón	4.90
95	47+825	Rectangular	4.55	Hormigón	2.88
96	48+175	Rectangular	3.57	Hormigón	2.05
97	48+710	Rectangular	4.34	Hormigón	2.70
98	48+830	Rectangular	57.6	Hormigón	75.76
99	49+680	Rectangular	2.92	Hormigón	1.48
100	49+910	Rectangular	2.96	Hormigón	1.51
101	50+985	Rectangular	2.765	Hormigón	1.42
102	51+265	Rectangular	2.84	Hormigón	1.42
103	52+800	Rectangular	2.835	Hormigón	1.47
104	53+295	Rectangular	3.08	Hormigón	1.60
105	54+710	Rectangular	2.72	Hormigón	1.33
106	55+300	Rectangular	2.92	Hormigón	1.48
107	57+210	Rectangular	2.88	Hormigón	1.45
108	57+610	Rectangular	2.76	Hormigón	1.36
109	57+995	Rectangular	4.12	Hormigón	2.45
110	58+435	Rectangular	6.18	Hormigón	3.98
111	58+620	Rectangular	3.09	Hormigón	1.71
112	58+920	Rectangular	4.12	Hormigón	2.45
113	61+035	Rectangular	3.255	Hormigón	1.80

114	61+085	Rectangular	3.08	Hormigón	1.66
115	62+515	Rectangular	3.16	Hormigón	1.66
116	62+990	Rectangular	3.12	Hormigón	1.63
117	63+720	Rectangular	3.04	Hormigón	1.57
118	64+220	Rectangular	5.82	Hormigón	3.64
119	64+920	Rectangular	1.975	Hormigón	0.94
120	65+550	Rectangular	1.975	Hormigón	0.94
121	65+780	Rectangular	2.6	Hormigón	1.24
122	66+015	Rectangular	1.42	Hormigón	0.61
123	66+730	Rectangular	1.46	Hormigón	0.63
124	67+175	Rectangular	1.44	Hormigón	0.62
125	67+540	Rectangular	1.4	Hormigón	0.60
126	67+900	Rectangular	2.43	Hormigón	1.22
127	68+030	Rectangular	2.49	Hormigón	1.26
128	68+075	Rectangular	3.32	Hormigón	1.79
129	68+510	Rectangular	1.66	Hormigón	0.75
130	68+890	Rectangular	2.225	Hormigón	1.11
131	69+185	Rectangular	1.94	Hormigón	0.93
132	69+615	Rectangular	2.02	Hormigón	0.98
133	70+080	Rectangular	1.68	Hormigón	0.77
134	70+590	Rectangular	3.4	Hormigón	1.85
135	70+730	Circular	0.42	Hormigón	0.21
136	70+810				
					281,16

A cada sección de las alcantarillas, por medio del programa H-canales, se les calculó la conductancia, bajo la aclaración de que el programa considera canales trapeciales abiertos, pero como suponemos flujo tipo I podemos hacer uso del mismo.

A continuación, se muestran los cálculos realizados en dicho programa.

Los cálculos de caudales se realizan considerando flujo tipo I, que implica que la carga hidráulica que afecta a la alcantarilla no supere el borde superior de la embocadura, lo que supone un resguardo a la integridad del terraplén del camino y además supone áreas inundadas menores, protegiendo viviendas, construcciones y la circulación vial.

Una alcantarilla con flujo tipo I debe verificar lo siguiente:

- La altura de carga o de remanso debe ser menor a 1,5 veces la altura de la embocadura:

$$H_r < H_r^* = 1,5 H.$$

- La pendiente del fondo de la alcantarilla debe ser mayor a la pendiente crítica:

$$S_o > S_c$$

- La altura a la salida debe ser menor que la altura crítica:

$$H_s < y_c + S_o \cdot L \quad H_s = \text{Altura a la salida (aguas abajo)}.$$

Donde:

H_r = altura de remanso.

H_r^* = altura límite.

S_o = pendiente del conducto.

S_c = pendiente crítica.

y_c = cota de pelo de agua en la sección de control o altura crítica.

Mediante los datos de relevamiento topográfico brindados por la Dirección de Vialidad Provincial (DVP), fotográfico e imágenes satelitales, se determinaron las dimensiones de las alcantarillas, obteniendo así una sección hidráulica para el cálculo.

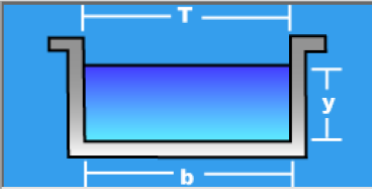
Otros datos de entrada solicitados por el programa de modelación son el coeficiente de Manning (relacionado con el material de las alcantarillas y su rugosidad – hormigón) y la pendiente de los conductos. Se adoptaron los siguientes valores:

- Coeficiente de Manning (n): 0,016.
- Pendiente: 0,0001 m/m. Representativa del lugar de emplazamiento de la obra, donde las pendientes rondan entre 10 cm/km y 20 cm/km.

Lugar:	<input type="text" value="RP7"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Alcantarilla 003"/>
Tramo:	<input type="text" value="RN16-RP13"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="H*"/>

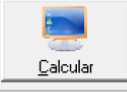



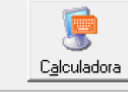
Datos:

Tirante (y) :	<input type="text" value="1.73"/>	m
Ancho de solera (b) :	<input type="text" value="4"/>	m
Talud (Z) :	<input type="text" value="0"/>	
Coefficiente de rugosidad (n) :	<input type="text" value="0.016"/>	
Pendiente (S) :	<input type="text" value=".0001"/>	m/m



Resultados:

Caudal (Q) :	<input type="text" value="4.1137"/>	m ³ /s	Velocidad (v) :	<input type="text" value="0.5945"/>	m/s
Area hidráulica (A) :	<input type="text" value="6.9200"/>	m ²	Perímetro (p) :	<input type="text" value="7.4600"/>	m
Radio hidráulico (R) :	<input type="text" value="0.9276"/>	m	Espejo de agua (T) :	<input type="text" value="4.0000"/>	m
Número de Froude (F) :	<input type="text" value="0.1443"/>		Energía específica (E) :	<input type="text" value="1.7480"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo :	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

				
---	---	---	---	---


Realiza la impresión de la pantalla 09:48 15/11/2025

Imagen 4.16: resultados para alcantarilla 003 de sección rectangular. - (Fuente: Hcanales).

Lugar:	<input type="text" value="RP7"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Alcantarilla 135"/>
Tramo:	<input type="text" value="RN16-RP13"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="H*"/>

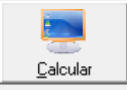




Datos:

Tirante (y) :	<input type="text" value=".73"/>	m
Diámetro (d) :	<input type="text" value="1"/>	m
Rugosidad (n) :	<input type="text" value="0.016"/>	
Pendiente (S) :	<input type="text" value=".0001"/>	m/m



Resultados:

Caudal (Q) :	<input type="text" value="0.1720"/>	m ³ /s	Velocidad (v) :	<input type="text" value="0.2800"/>	m/s
Area hidráulica (A) :	<input type="text" value="0.6143"/>	m ²	Perímetro mojado (p) :	<input type="text" value="2.0488"/>	m
Radio hidráulico (R) :	<input type="text" value="0.2998"/>	m	Espejo de agua (T) :	<input type="text" value="0.8879"/>	m
Número de Froude (F) :	<input type="text" value="0.1075"/>		Energía específica (E) :	<input type="text" value="0.7340"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo :	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

				
---	---	---	---	---

Realiza la impresión de la pantalla 09:45 15/11/2025

Imagen 4.17: resultados para alcantarilla 135 de sección circular. - (Fuente: Hcanales).

Esto indica que el caudal generado por el volumen excedente de agua (259,6 m³/s), consecuencia de la lluvia de diseño de 295 mm, para una recurrencia de 25 años, sería capaz de escurrir aguas abajo, con las alcantarillas existentes actualmente.

4.8.3 RECOMENDACIONES

El presente informe se elaboró basándose en una etapa de anteproyecto de obra. Es por ello que hay ciertas adopciones, que deberán ser reajustadas en etapas de proyecto y proyecto ejecutivo.

A continuación, se deja un listado de recomendaciones que se consideran pertinentes para el correcto funcionamiento de la obra:

- Realizar una verificación de alturas del pelo de agua con el objeto de observar áreas inundadas.
- Mantenimiento periódico de las alcantarillas para que no pierdan sección hidráulica (limpieza, desmalezamiento, etc.).
- Control de erosión en las cercanías de las alcantarillas.
- Concientización acerca de las consecuencias que traen al arrojar residuos en desagües pluviales.
- Control de cargas por ejes, sin que se superen los máximos permitidos, para evitar daños estructurales, tanto en la adecuación hidráulica como en el paquete de diseño vial.
- Las alcantarillas de sección circular deberán ser reemplazadas por secciones rectangulares equivalentes hidráulicamente, ya que no están habilitadas para uso vial.
- La longitud de conductos (J) deberá ser suficiente para la altura del terraplén proyectado.

Capítulo 5

TRÁNSITO

5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El diseño de una vía se ve influenciado principalmente por dos factores: las características del terreno que atraviesa y las del tránsito que debe soportar. Un diseño óptimo buscará un costo anual mínimo, considerando ambos aspectos de forma simultánea y ponderada según su relevancia.

Cuando el volumen de tránsito es reducido, el diseño se adapta prioritariamente a la configuración del terreno. Por el contrario, en situaciones de tránsito intenso, las necesidades de los usuarios y las particularidades del flujo vehicular se convierten en los factores determinantes.

El volumen, composición, distribución, velocidad del tránsito, junto con la topografía, definen diversas magnitudes del diseño geométrico. Estas incluyen, entre otras, los radios y peraltes de curvas horizontales, los parámetros de curvas verticales, las pendientes y los anchos de calzada. Para fundamentar estas decisiones, el estudio de tránsito se basará en mediciones del tránsito existente.

5.2 METODOLOGÍA

La metodología adoptada para el estudio de tránsito permitirá identificar el flujo vehicular que utilizará la calzada proyectada, abarcando la determinación de volúmenes, tipos de vehículos y su distribución porcentual.

Para este análisis en el proyecto de la RP7, se emplearán datos de distribución de tráfico correspondientes al año 2024, provistos por la DVP. Estos datos son cruciales, ya que proporcionan una visión detallada de los patrones y tendencias de distribución del tráfico, lo cual es fundamental para asegurar que las decisiones de planificación vial se basen en información actualizada y relevante. Esto permitirá una gestión óptima de los recursos y contribuirá al desarrollo sostenible del sistema de transporte regional.

El volumen de tránsito de diseño se compondrá de los tránsitos normales, derivados e inducidos. Estos serán ajustados mediante los coeficientes de estacionalidad obtenidos de estaciones censales consideradas apropiadas para el diseño. Todos los volúmenes, tanto los medidos (tránsito existente) como los determinados (inducidos y derivados), se expresarán como un Tránsito Medio Diario Anual (TMDA).

Por lo tanto, se evaluarán los siguientes componentes del TMDA:

- ❖ TMDA normal.
- ❖ TMDA derivado.
- ❖ TMDA inducido.

El objetivo primordial de este estudio es determinar la demanda de tránsito actual y futura, bajo el supuesto de la implementación de mejoras significativas, incluyendo la construcción de obras básicas y el pavimento de la vía.

5.3 TRÁNSITO EXISTENTE

Los datos del tránsito existente, correspondientes al año 2024, fueron provistos por la DVP. El aforo se llevó a cabo el 18 de mayo de 2024 (sábado), durante siete horas consecutivas (8:00 a 15:00). Como resultado, se registraron los distintos tipos de vehículos y sus sentidos de circulación, computándose un total de 65 vehículos.

Dada la condición de la vía sin pavimentar, con prestaciones de seguridad precarias y la ausencia de iluminación artificial, este total de 65 vehículos se considera representativo del volumen diario. Se estima que, durante las horas nocturnas y de madrugada, los usuarios optarán por no utilizar la ruta bajo las condiciones actuales.

Tabla 5.1: distribución del tránsito del tramo en estudio de RP7 en sentido ascendente (hacia RN16). - (Fuente: DVP- 2024).

CLASIFICACIÓN/HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL	
MOTOCICLETAS								0	0	0	0	0	0	0											0	
AUTOS								3	2	1	4	2	0	2												14
CAMIONETAS								3	1	2	2	4	1	1												14
UTILITARIOS								0	0	0	0	0	0	0												0
ÓMNIBUS 1-1								0	0	0	0	0	0	0												0
ÓMNIBUS 1-2								0	0	0	0	0	0	0												0
CAMIÓN S/ACOPLADO 1-1								0	0	0	0	0	0	1												1
CAMIÓN S/ACOPLADO 1-2								0	0	0	0	0	0	0												0
CAMIÓN S/ACOPLADO 1-3								0	0	0	0	0	0	0												0
CAMIÓN C/ACOPLADO 11-11								0	0	0	0	0	1	1												2
CAMIÓN C/ACOPLADO 11-12								0	0	0	0	0	0	0												0
CAMIÓN C/ACOPLADO 12-12								0	0	0	0	0	0	0												0
SEMIRREMOLQUE 111								0	0	0	0	0	0	0												0
SEMIRREMOLQUE 112								0	0	0	0	0	0	0												0
SEMIRREMOLQUE 113								0	0	0	0	0	0	0												0
MÁS DE 5 EJES								0	0	0	0	0	0	0												0
																										31

Tabla 5.2: distribución del tránsito del tramo en estudio de RP7 en sentido descendente (hacia RP13). - (Fuente: DVP- 2024).

CLASIFICACIÓN/HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL	
MOTOCICLETAS								0	0	0	0	0	0	0											0	
AUTOS								2	1	1	1	1	1	1												8
CAMIONETAS								4	3	4	5	2	0	1												19
UTILITARIOS								0	1	1	2	0	0	1												5
ÓMNIBUS 1-1								0	0	0	0	0	0	0												0
ÓMNIBUS 1-2								0	0	0	0	0	0	0												0
CAMIÓN S/ACOPLADO 1-1								0	0	0	0	0	0	0												0
CAMIÓN S/ACOPLADO 1-2								0	0	0	0	0	0	0												0
CAMIÓN S/ACOPLADO 1-3								0	0	0	0	0	0	0												0
CAMIÓN C/ACOPLADO 11-11								0	0	0	0	0	1	0												1
CAMIÓN C/ACOPLADO 11-12								0	0	0	0	0	0	0												0
CAMIÓN C/ACOPLADO 12-12								0	0	0	0	0	0	0												0
SEMIRREMOLQUE 111								0	0	0	0	0	0	0												0
SEMIRREMOLQUE 112								0	1	0	0	0	0	0												1
SEMIRREMOLQUE 113								0	0	0	0	0	0	0												0
MÁS DE 5 EJES								0	0	0	0	0	0	0												0
																										34

Tabla 5.3: volumen horario total del tramo en estudio de la RP7. - (Fuente: DVP- 2024).

CLASIFICACIÓN/HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL
MOTOCICLETAS								0	0	0	0	0	0	0											0
AUTOS								5	3	2	5	3	1	3											22
CAMIONETAS								7	4	6	7	6	1	2											33
UTILITARIOS								0	1	1	2	0	0	1											5
ÓMNIBUS 1-1								0	0	0	0	0	0	0											0
ÓMNIBUS 1-2								0	0	0	0	0	0	0											0
CAMIÓN S/ACOPLADO 1-1								0	0	0	0	0	0	1											1
CAMIÓN S/ACOPLADO 1-2								0	0	0	0	0	0	0											0
CAMIÓN S/ACOPLADO 1-3								0	0	0	0	0	0	0											0
CAMIÓN C/ACOPLADO 11-11								0	0	0	0	0	2	1											3
CAMIÓN C/ACOPLADO 11-12								0	0	0	0	0	0	0											0
CAMIÓN C/ACOPLADO 12-12								0	0	0	0	0	0	0											0
SEMIRREMOLQUE 111								0	0	0	0	0	0	0											0
SEMIRREMOLQUE 112								0	1	0	0	0	0	0											1
SEMIRREMOLQUE 113								0	0	0	0	0	0	0											0
MÁS DE 5 EJES								0	0	0	0	0	0	0											0
																									65

Tabla 5.4: distribución porcentual según tipo de vehículo. RP7, tramo en estudio. - (Fuente: DVP- 2025).

	Clasificación		%	
Autos	22	33,846	92,3	
Camionetas	38	58,462		
Ómnibus 2 ejes	0	0,000	0,00	
Ómnibus 3 y 4 ejes	0	0,000		
Cam s/acopl. 11	1	1,538	1,54	
Cam s/acopl. 12 y 13	0	0,000		
Cam c/acopl. 11-11	3	4,615	4,62	
Cam c/acopl. 11-12	0	0,000		
Cam c/acopl. 12-11				
Cam c/acopl. 12-12	0	0,000	7,7	
Semirem. 111	0	0,000		
Semirem. 112	1	1,538		
Semirem. 113	0	0,000		
Semirem. 122	0	0,000		
Semirem. 123		0,000		
	65		100,000	100,00

Como se observa en la tabla 5.4, el 92,3% corresponde a tránsito liviano y el 7,7% restante a tránsito pesado.

5.4 TRÁNSITO DERIVADO

El tránsito derivado se refiere a la proporción del tránsito existente que optará por rutas alternativas debido a las ventajas comparativas ofrecidas por el nuevo itinerario. Estas ventajas pueden manifestarse en términos de menor distancia, ahorro de tiempo, mayor confort y seguridad. La derivación se genera a partir de la mejora en la utilidad o beneficio para el usuario que se produce con la ejecución de la obra.

Se estima que la realización de este proyecto de ruta generará una conexión directa y estratégica entre las rutas RN16 y RP13. Esto beneficiará significativamente a las localidades productoras de la zona (como Presidencia de la Plaza, Charadai, Machagai, Haumonia, Horquilla y Cote-Lai) al conectarlas directamente con las capitales de Chaco y Corrientes, y viceversa. Además, la nueva vía representará una alternativa eficiente para la circulación norte-sur en la región, permitiendo evitar zonas de alto tráfico como el Gran Resistencia.

Dada la limitada información disponible, se considera una estimación razonable tomar un porcentaje del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) de las rutas que confluyen en el inicio y fin del tramo de estudio de la RP7 para cuantificar el tránsito derivado.

Este tránsito derivado se contabilizará a partir del año de habilitación del proyecto y se proyectará un incremento gradual a lo largo de la vida útil de la obra.

5.5 TRÁNSITO INDUCIDO

El tránsito inducido se define como el volumen de tráfico adicional que surge a raíz de la introducción de mejoras en una vía, sumándose al tránsito existente y al derivado. Este fenómeno comprende tanto a los usuarios que inician nuevos viajes que no habrían realizado sin la mejora de la ruta, como al incremento en el número de viajes de los usuarios actuales.

Se prevé que la inducción de tránsito será un proceso gradual, el cual se manifestará una vez habilitada la pavimentación de la calzada de la RP7.

La determinación del tránsito inducido es, quizás, la más desafiante, ya que su magnitud depende de una compleja interacción de factores. Estos incluyen no solo aspectos técnicos, sino también el desarrollo socioeconómico, las actividades comerciales e industriales, las potenciales inversiones financieras y el crecimiento general de la zona de influencia.

Dada la limitada información específica disponible, se considera apropiada la estimación de un porcentaje del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) del tramo en estudio para cuantificar el tránsito inducido.

Este componente del tránsito se incorporará a partir del año de habilitación del proyecto y se proyectará un incremento progresivo a lo largo de la vida útil de la obra.

5.6 TASA DE CRECIMIENTO DEL TRÁNSITO

La determinación de la tasa de crecimiento es la tarea más compleja del estudio de tránsito, pues requiere un conocimiento macroeconómico global y local, una evaluación exhaustiva a lo largo de la vida útil del camino y la capacidad de proyectar tendencias económicas y sociales para la provincia y la región.

La asignación de este valor depende de múltiples indicadores, muchos de los cuales no siempre están al alcance del analista. Estos factores incluyen: el crecimiento poblacional, las políticas nacionales de desarrollo, los desplazamientos de núcleos urbanos, la evolución del parque automotor, la radicación de industrias y el cambio en el uso del suelo, así como la compleja interacción entre todos ellos.

Conceptualmente, las tasas de crecimiento del tránsito se establecen a partir de la estimación del crecimiento de la producción económica y del crecimiento poblacional de la zona de influencia.

Como base para la determinación de la tasa, se utilizaron los valores de variaciones interanuales del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) de la provincia de Chaco, provistos por la Dirección Nacional de Vialidad (DNV). Estos datos reflejan los cambios anuales en el volumen vehicular que utiliza las rutas nacionales dentro del territorio provincial.

Se observa que la variación interanual promedio del TMDA en la provincia del Chaco, calculada entre los años 1980 y 2024, es de 3,2%. Si bien se identifican períodos de crecimiento y decaimiento (principalmente asociados a variaciones económicas, sociales y políticas), para el desarrollo del presente trabajo se propone adoptar una tasa de crecimiento anual de tránsito de **3%**, un valor conservador y cercano al promedio histórico provisto por la DNV.

Tabla 5.5: variación interanual de TMDA de la provincia de Chaco. - (Fuente: DNV).

Año de Inicio	Año de Fin	Variación (%)
1980	2024	198,4
1980	1981	2,0
1981	1982	4,1
1982	1983	5,0
1983	1984	-5,4
1984	1985	-10,1
1985	1986	3,2
1986	1987	8,0
1987	1988	-5,4
1988	1989	-3,2
1989	1990	8,9
1990	1991	23,7
1991	1992	3,1
1992	1993	2,7
1993	1994	9,6
1994	1995	19,2
1995	1996	5,8
1996	1997	5,4
1997	1998	1,1
1998	1999	-1,8
1999	2000	-4,1
2000	2001	-2,3
2001	2002	-4,0
2002	2003	-0,6
2003	2004	6,9
2004	2005	52,9
2005	2006	8,6
2006	2007	8,3
2007	2008	4,1
2008	2009	3,4
2009	2010	9,3
2010	2011	12,1
2011	2012	-0,5
2012	2013	3,2
2013	2014	-1,9
2014	2015	5,6
2015	2016	4,9
2016	2017	9,2
2017	2018	-3,6
2018	2019	-4,7
2019	2020	-36,7
2020	2021	-17,2
2021	2022	23,1
2022	2023	3,1
2023	2024	-14,4

5.7 DETERMINACIÓN DEL TMDA DE DISEÑO

La base para la determinación del TMDA de diseño es el aforo existente de 65 vehículos diarios en el tramo de la RP7 bajo estudio.

El primer paso consistió en evaluar el potencial tránsito derivado de las rutas aledañas. Para este análisis, se emplearon mediciones de tráfico provistas por la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), correspondientes a las RN11 y RN16, y por la Dirección

de Vialidad Provincial (DVP), para las RP7 y RP13. Estos datos, obtenidos de censos vehiculares realizados por ambas entidades, incluyen volúmenes diarios, clasificación vehicular y sentidos de circulación.

Los valores de TMDA que se observan en la *imagen 5.1* datan del año 2024.

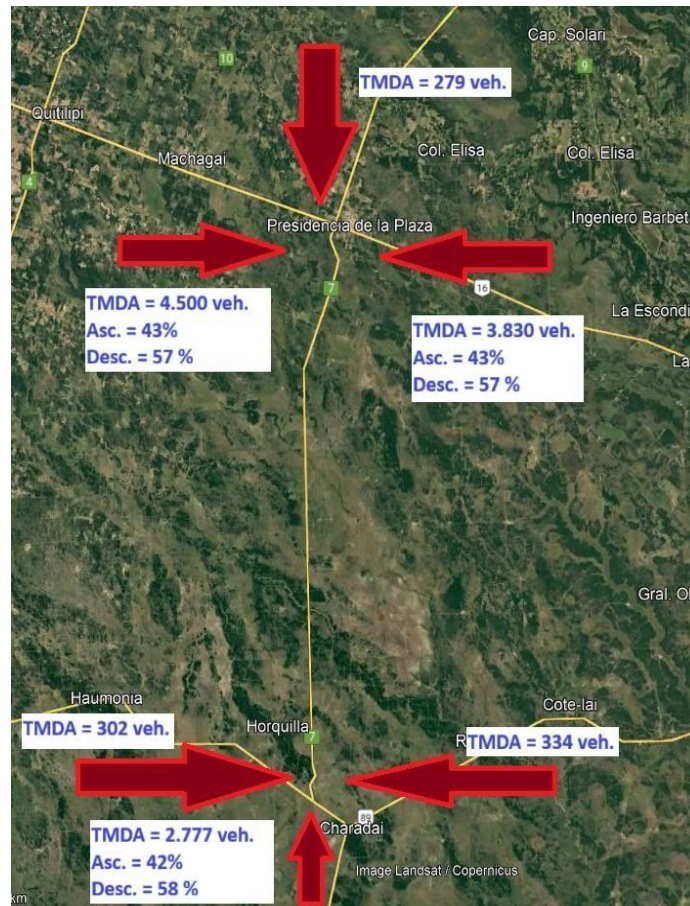


Imagen 5.1: análisis del potencial tránsito derivado de la RP7 como consecuencia de su pavimentación. - (Fuente: Google Earth Pro).

5.7.1 DATOS DE RUTAS NACIONALES (DNV)

Los datos de Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) correspondientes a la RN16 se obtuvieron directamente de la base de datos pública de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV). Respecto a los sentidos de circulación, los porcentajes direccionales se extrapolaron del tramo entre Makallé y Presidencia de la Plaza, al considerarse representativos del flujo ascendente.

En cuanto al tránsito proveniente desde el sur (conexión con la RN11), se realizó un análisis a nivel regional. Este se basó en la estación permanente de la DNV ubicada en cercanías de la localidad de Vera, Santa Fe. Se consideró la hipótesis de que parte de este

tránsito se desviaría por la Ruta Provincial N°3 de Santa Fe (actualmente pavimentada hasta casi el límite con Chaco) y continuaría su recorrido por la Ruta Provincial N°7 (RP7, Chaco).

5.7.2 DATOS DE RUTAS PROVINCIALES (DVP)

Los datos de TMDA para las rutas provinciales fueron proporcionados a través de diversos censos elaborados por la Dirección de Vialidad Provincial (DVP). Debido a la ausencia de información sobre el direccionamiento de circulación en estas mediciones, se procedió a asignar un 50% a cada sentido para los siguientes tramos:

- ❖ RP7 (tramo Colonias Unidas – Presidencia de la Plaza)
- ❖ RP13 (tramos Haumonia – Charadai y Charadai – Cote-Lai)

5.8 CÁLCULO DE DERIVACIÓN Y PROYECCIÓN

Una vez definidos y homogeneizados los TMDA de todas las rutas que convergen en el camino en estudio, el siguiente paso será evaluar el porcentaje de dichos TMDA que efectivamente se desviaría por la nueva RP7.

Se establece el año 2026 como inicio de la obra y el año 2028 como año de habilitación. El crecimiento del tránsito en cada tramo será evaluado y proyectado utilizando la tasa de crecimiento anual del 3% previamente propuesta.

Tabla 5.5: crecimiento del TMDA de cada tramo hasta el año de habilitación. - (Fuente: elaboración propia).

Año	RP9 - Plaza	Plaza - Machagai	Colonias Unidas - Plaza	Cote Lai - Charadai	Haumonia - Charadai	Vera y Pintado - Vera	RP7 (RN16 - RP13)	Observaciones
2.024	3.830	4.500	279	334	302	2.777	65	Último dato TMDA.
2.025	3.945	4.635	287	344	311	2.860	67	
2.026	4.063	4.774	296	354	320	2.946	69	Inicio obra.
2.027	4.185	4.917	305	365	330	3.035	71	
2.028	4.311	5.065	314	376	340	3.126	73	Habilitación.

A partir del año de habilitación (2028), se proyecta que el tránsito de rutas alternativas comenzará a desviarse hacia el tramo de la RP7 en estudio. Los porcentajes de derivación se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5.6: porcentajes de tránsito derivado asignados a cada tramo y vehículos resultantes. -

(Fuente: elaboración propia).

Ruta	Tramo	Sentido	TMDA (veh.)	Distribución (%)	Tránsito derivado (%)	Tránsito derivado (veh.)
RN16	RP9 - Plaza	Ascendente	4.311	0,43	0,02	37
RN16	Plaza - Machagai	Descendente	5.065	0,57	0,05	144
RP7	Colonias Unidas - Plaza	Descendente	314	0,5	0,01	2
RP13	Cote Lai - Charadai	Ascendente	376	0,5	0,02	4
RP13	Haumonia - Charadai	Descendente	340	0,5	0,02	3
RN11	Vera y Pintado - Vera	Ascendente	3.126	0,42	0,05	66
						256

Para el tránsito inducido, se proyecta que el crecimiento normal del tráfico en el tramo alcanzaría un total de 73 vehículos diarios para el año de habilitación (2028). De este valor, se estimará un 10% como tránsito inducido.

Considerando este componente, el cálculo del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) total para el año 2028 será la suma del tránsito existente, el derivado y el inducido:

$$\text{TMDA (2028)} = 256 \text{ veh/día} + 73 \text{ veh/día} + 10\% * 73 \text{ veh/día} = 336 \text{ veh/día.}$$

Proyectando este tránsito a un horizonte de diez años, que coincide con la vida útil estimada del pavimento, se obtiene un **TMDA de diseño de 452 vehículos por día.**

Tabla 5.7: proyección del crecimiento del TMDA. - (Fuente: elaboración propia).

Año	RP7 (RN16 - RP13)	Observaciones
2028	336	Inicio vida útil
2029	346	
2030	357	
2031	367	
2032	378	
2033	390	
2034	402	
2035	414	
2036	426	
2037	439	
2038	452	Fin vida útil (TMDA de diseño)

Capítulo 6

DISEÑO

GEOMÉTRICO

6.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo primordial del diseño geométrico es desarrollar una vía que garantice un flujo de tránsito continuo y minimice la probabilidad de accidentes. Esto se logra a través de mantener un estándar de diseño uniforme a lo largo del tramo. Adaptar el diseño a las características de los usuarios y vehículos que circularán por la vía y fomentar la construcción de caminos que satisfagan los criterios de seguridad y eficiencia para los viajeros y la sociedad en general.

El presente estudio se centra en seleccionar el conjunto óptimo de parámetros técnicos para el diseño geométrico de una ruta. Esto implica dimensionar adecuadamente sus elementos físicos, tales como curvas horizontales y verticales, ancho de los carriles y otros componentes.

El propósito final es definir un perfil transversal tipo y conseguir que el proyecto vial se construya bajo un conjunto de normas técnicas que integren las consideraciones de las circunstancias locales de manera efectiva.

6.2 CARACTERÍSTICAS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

La selección precisa de los parámetros de diseño geométrico es fundamental en el desarrollo de cualquier ruta, ya que no es viable aplicar un único conjunto de estándares para todas las vías. Las diferencias en topografía, velocidad de diseño, volumen de tráfico y condiciones ambientales exigen una adaptación específica de estos parámetros para asegurar la seguridad, eficiencia y confort en cada tramo.

Por lo tanto, cada parámetro (radio de curvas, pendientes, ancho de carriles, entre otros) debe ajustarse a las características particulares del proyecto, permitiendo que el diseño geométrico resulte en una infraestructura funcional y segura, eficazmente adaptada a las condiciones específicas de operación y entorno del trazado.

- PLANIMETRÍA

El proyecto del tramo de la RP7, ubicado entre la RN16 y la RP13, define el alineamiento de su eje mediante un análisis detallado de los puntos condicionantes, incluyendo cambios de dirección, intersecciones a nivel y elementos interferentes cruciales, como las líneas de alta tensión que cruzan perpendicularmente el corredor vial existente.

En este marco, el objetivo es desarrollar una solución vial integral que asegure una circulación segura y eficiente en ambos sentidos, resolviendo las limitaciones de los tramos actuales, donde los anchos y las condiciones de visibilidad serán optimizados para cumplir con los estándares mínimos requeridos y garantizar la seguridad de todos los usuarios.

- ALTIMETRÍA

La rasante se construirá en terraplén a lo largo de toda la sección.

Para la definición de la rasante, se deben considerar cuidadosamente los factores hidráulicos y estructurales. Estos incluyen el escurrimiento transversal, que establece la cota de agua y la revancha necesaria en los cruces de obras de arte, y el escurrimiento longitudinal, que determina las cotas de fondo de cunetas y alcantarillas. Además, es crucial asegurar que la cota máxima de crecida se mantenga por debajo de la capa inferior del paquete estructural, siendo esta la condición esencial para preservar la estructura del pavimento.

La envolvente de estos puntos, junto con las revanchas y alturas de despeje correspondientes, define la rasante preliminar, la cual se ajustará finalmente en base a los parámetros de diseño vial (pendientes longitudinales, curvas verticales y el porcentaje máximo de distancia sin sobrepaso permitido).

6.3 DEFINICIÓN DE LA CATEGORÍA DE CAMINO

Una vez analizados los factores que influyen en el diseño de una vía (el terreno que debe atravesar y el tránsito que deberá soportar), un buen diseño será aquel que, con un costo anual mínimo, pondere la importancia de ambos factores simultáneamente. Cuando el tránsito es reducido, la configuración del terreno influirá predominantemente en el diseño; por el contrario, cuando el tránsito es intenso, las necesidades de los usuarios y las características del tránsito serán los factores principales.

La Dirección de Vialidad Nacional clasifica los caminos en seis categorías (Especial, I, II, III, IV y V) en función del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA). Tomando en cuenta esta clasificación junto con otros elementos, como la topografía del terreno y la velocidad directriz, se determinan los parámetros geométricos mínimos que debe cumplir el tramo de análisis. Con base en el TMDA propuesto en el capítulo de "Tránsito" y considerando que la traza se emplaza en una zona de llanura, se establecerán dichos parámetros:

Tabla 6.1: categoría de caminos. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

TIPOS	CATEGORÍA DEL CAMINO	TMDA	TOPOGRAFÍA
AUTOPISTA	ESPECIAL	> 15000	LLANO
			ONDULADO
AUTOVÍA	I	5000 A 15000	LLANO
			ONDULADO
CARRETERA	II	1500 A 5000	LLANO
			ONDULADO
			MONTAÑOSO
COMÚN	III	500 A 1500	LLANO
			ONDULADO
			MONTAÑOSO
BAJO VOLUMEN	IV	150 A 500	LLANO
			ONDULADO
			MONTAÑOSO
	V	< 150	LLANO
			ONDULADO
			MONTAÑOSO

Tabla 6.2: categoría de diseño geométrico de caminos rurales. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

CAMINOS		CARACTERÍSTICAS BÁSICAS				SECCIÓN TRANSVERSAL													
TIPOS	CATEGORÍA	CONTROL DE ACCESO	NÚMERO DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ	ANCHO DE CORONAMIENTO										TALUD TERRAPLÉN	ZONA DESPEJADA	NIVEL DE PRUEBA DE BARRERA	ANCHO PUENTE ENTRE GUARDARRUEDAS	ZONA CAMINO
					CALZADA	BANQUINA EXTERNA			MEDIANA				TOTAL						
						C/PAV	S/PAV	TOTAL	BAN. INT. C/PAV	BAN. INT. S/PAV	CANTERO	TOTAL							
AUTOPISTA	ESPECIAL	TOTAL	≥(2+2)	130	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥10	≥16	≥36,6	≤1,4	10	3	11,3 (2)	150	
				120	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥10	≥16	≥36,6	≤1,4	10	3	11,3 (2)		
				110	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥10	≥16	≥36,6	≤1,4	10	3	11,3 (2)		
AUTOVÍA	I	TOTAL O PARCIAL	2+2	120	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥5	≥11	≥31,6	≤1,4	10	3	11,3 (2)	120	
				110	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥5	≥11	≥31,6	≤1,4	10	3	11,3 (2)		
				80	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥5	≥11	≥31,6	≤1,4	6	3	11,3 (2)		
CARRETERA	II	PARCIAL	2	120	7,3	1	2	3					13,3	≤1,4	10	3	13,3	100	
				100	7,3	1	2	3					13,3	≤1,4	9	3	13,3		
				70	6,7	1	1	2					10,7	≤1,4	5	2	10,7		
				50	6,7	0,5	1,5	2					10,7	≤1,4	3	2	10,7		
COMÚN	III	PARCIAL O SIN CONTROL	2	110	7,3	0,5	2,5	3					13,3	≤1,4	8	3	13,3	70	
				90	7,3	0,5	2,5	3					13,3	≤1,4	5	3	13,3		
				60	6,7	0,5	1,5	2					10,7	≤1,4	3	2	10,7		
				40	6,7	0,5	1	1,5					9,7	≤1,4	2	2	9,7		
BAJO VOLUMEN	IV	SIN CONTROL	2	100	7,3	-	3	3					13,3	≤1,4	6	3	13,3	70	
				70	6,7	-	3,3	3,3					13,3	≤1,4	4	2	13,3		
				50	6,7	-	2	2					10,7	≤1,4	3	2	10,7		
				30	6,7	-	1,5	1,5					9,7	≤1,4	2	2	9,7		
	V	SIN CONTROL	2	90	7,3	-	2	2					11,3	≤1,4	4	3	11,3	50	
				50	6,7	-	2	2					10,7	≤1,4	3	2	10,7		
				30	6,7	-	1,5	1,5					9,7	≤1,4	2	2	9,7		
				25	6,7	-	0,5	0,5					7,7	≤1,4	2	2	7,7		

Por lo tanto, basándonos en los criterios de diseño establecidos por la normativa de la Dirección Nacional de Vialidad (D.N.V.) y las Normas de Diseño Geométrico (2010) (según la Planilla N°1), y considerando el volumen de tránsito previsto para el año de diseño junto con

la topografía, a la ruta en estudio le corresponde la clasificación de "Camino de Categoría IV – Llanura, sin control de accesos, con dos carriles en la calzada de rodamiento".

6.4 FACTORES INFLUYENTES

El diseño vial se basa en varios estándares y controles que a su vez dependen de:

- ❖ Factores técnicos y funcionales
 - Clasificación funcional de la vía: Si es una autopista, ruta nacional, camino rural, etc., determina los criterios de diseño como velocidad de proyecto, capacidad y nivel de servicio.
 - Velocidad de diseño: Influye en radios de curvatura, pendientes, visibilidad y dimensiones de carriles.
 - Volumen y tipo de tránsito: El flujo vehicular esperado (autos, camiones, colectivos) afecta el número de carriles, anchos, y refuerzos estructurales.
- ❖ Factores físicos y ambientales
 - Topografía del terreno: Las pendientes, curvas y cortes dependen de si el terreno es de llanura, ondulado o montañoso.
 - Condiciones climáticas: Lluvias, heladas, vientos y temperaturas extremas influyen en el diseño de drenajes, materiales y señalización.
 - Impacto ambiental: Se considera la afectación a ecosistemas, cuerpos de agua, áreas protegidas y comunidades locales.
- ❖ Factores normativos y de seguridad
 - Normativas vigentes: se han utilizado normas como las del Ing. Rühle (1967), actualizadas por las nuevas más recientemente por la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña (EICAM) en 2010, adoptada por la Dirección Nacional de Vialidad.
 - Seguridad vial: Se incorporan elementos como señalización, iluminación, barreras de contención y visibilidad en curvas y pendientes.
- ❖ Factores socioeconómicos y de planificación
 - Costo y presupuesto disponible: Determina el alcance del proyecto, materiales y tecnología utilizada.
 - Objetivos del proyecto: Si busca mejorar la conectividad regional, fomentar el turismo, facilitar el transporte de carga, etc.

- Integración con otras infraestructuras: Conexión con otras vías de comunicación y redes urbanas.

En resumen, los principales factores que definen los estándares para el diseño de una carretera específica son el nivel de servicio que se busca ofrecer, el volumen esperado de tránsito, la velocidad de diseño y el vehículo de diseño. Estos elementos, combinados con las características fundamentales de los conductores, los vehículos y la propia vía, se emplean para establecer los estándares que rigen las características geométricas de la carretera, incluyendo la sección transversal y los alineamientos horizontal y vertical.

6.5 ESTÁNDARES DE DISEÑO

La selección del conjunto apropiado de estándares de diseño geométrico constituye el paso inicial y fundamental en el diseño de cualquier ruta. Esta elección es esencial, dado que no es factible aplicar un único conjunto de estándares a la totalidad de las vías.

6.5.1 VELOCIDAD DE DISEÑO O DIRECTRIZ

La Velocidad Directriz se establece en función de la configuración del terreno y representa la máxima velocidad a la que un conductor de habilidad media puede circular con seguridad en una sección específica del camino, siempre que el vehículo esté en condiciones mecánicas aceptables, el volumen de tránsito sea tan bajo que no influya en la elección de velocidad, y las condiciones ambientales (tiempo, calzada y visibilidad) sean favorables.

Teniendo en cuenta esta definición fundamental, la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) ha fijado los valores mínimos de velocidad directriz para cada una de las categorías de caminos definidas en sus normas, los cuales se encuentran detallados en la tabla correspondiente.

Tabla 6.3: velocidad directriz en función de la categoría de camino. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

TIPOS	CATEGORÍA DEL CAMINO	VHD (Veh/h)	TOPOGRAFÍA	VD. (Km/h)
AUTOPISTA	ESPECIAL	> 15000	LLANO	130
			ONDULADO	120
AUTOVÍA	I	5000 A 15000	LLANO	120
			ONDULADO	110
CARRETERA	II	1500 A 5000	LLANO	120
			ONDULADO	100
			MONTAÑOSO	70
COMÚN	III	500 A 1500	LLANO	110
			ONDULADO	90
			MONTAÑOSO	60
BAJO VOLUMEN	IV	150 A 500	LLANO	110
			ONDULADO	70
			MONTAÑOSO	50
	V	< 150	LLANO	90
			ONDULADO	50
			MONTAÑOSO	30

En función de la tabla presentada y de acuerdo al volumen de diseño de la ruta en estudio tendremos:

- ❖ Categoría IV
- ❖ Velocidad directriz de 110 Km/h

6.5.2 VOLUMEN HORARIO DE DISEÑO

El Volumen Horario de Diseño (VHD) es el volumen horario de tránsito proyectado que se utiliza como base para la planificación y el diseño de la ruta. Generalmente, este volumen se calcula como un porcentaje del Tránsito Diario Promedio (TDP) esperado en la ruta.

Sin embargo, para el caso específico de la Ruta Provincial N°7 (RPN°7), y según el análisis detallado en el Capítulo 5 (Tránsito), se ha adoptado el volumen de tránsito previsto para el año de diseño, el cual corresponde al final de la vida útil proyectada del camino.

Volumen de diseño: 452 vpd

6.5.3 VEHÍCULO DE DISEÑO

Las características físicas de los vehículos y las proporciones de sus diversos tamaños que circulan por una vía son factores determinantes del diseño, y establecen controles directos sobre varios elementos del diseño geométrico, como: intersecciones, anchos de calzada, anchos de carriles auxiliares y configuraciones de accesos.

Para realizar el diseño, es fundamental identificar todos los tipos de vehículos que usarán el camino. A partir de esta identificación, se deben establecer agrupamientos de clases generales y seleccionar vehículos de diseño hipotéticos que sean representativos de cada clase. El rango de vehículos tipo y sus características operativas pueden variar significativamente entre proyectos. En general, los ómnibus y vehículos pesados son los que deben utilizarse como vehículo de diseño para determinar los elementos de la sección transversal de la vía.

❖ Vehículo de Diseño para la Ruta en Estudio

Para la ruta objeto de estudio se adopta el camión con semirremolque (WB-15), según la clasificación AASHTO, como el vehículo tipo de diseño principal. Su uso es crucial para la delineación de los parámetros críticos de diseño.

Tabla 6.5.3: características de un semirremolque WB-15. – (Fuente: DNV).

Característica	Dimensión aproximada	Observaciones Clave
Tipo de vehículo	Semirremolque (Tractor-Remolque)	Representa la mayor exigencia en giros.
Largo total	De 15 a 16,7 metros	El largo total puede variar. El nombre se refiere a largo entre el eje del tractor y el eje trasero del remolque.
Ancho	2,60 metros	Este es el ancho reglamentario máximo en Argentina para vehículos pesados y es la dimensión que se usa para calcular el sobrecancho en curvas.
Altura	4,10 metros (Reglamentaria máxima)	Esta dimensión es crítica para el diseño del gálibo vertical (altura libre).

Distancia de diseño WB-15	15,2 metros (50 pies)	Esta es la distancia entre el eje delantero del tractor y el punto de rotación o eje del remolque que define la trayectoria de giro.
----------------------------------	-----------------------	--

6.6 CARACTERÍSTICAS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS RURALES SEGÚN DNV

La Dirección Nacional de Vialidad da una tabla que contiene las características de diseño para los caminos rurales.

Estas características están en función de:

- ❖ Volumen de Tránsito Diario Promedio (TDP).
- ❖ Topografía.

Las características que se pueden encontrar en la tabla para este proyecto son:

- Categoría del camino.
- Control de acceso.
- N° de trochas.
- Velocidad directriz.
- Peralte máximo.
- Radio mínimo deseable y absoluto.
- Pendientes máximas longitudinales.
- Distancia mínima de visibilidad, para detenciones y sobrepaso.
- Anchos de coronamiento, de calzada, banquina y cantero central.
- Taludes de terraplén, según su altura.
- Ancho de obras de arte, entre guardarruedas.
- Cruces, con ferrocarriles y caminos.

Ingresando a la tabla con el Volumen de Tránsito Diario Promedio (TDP) y el tipo de topografía, se pueden obtener los valores antes mencionados.

La Dirección Nacional de Vialidad (DNV) establece, mediante tablas normativas, las características de diseño geométrico para caminos rurales. La determinación de estos parámetros está en función de dos variables principales:

- ❖ Volumen de Tránsito Diario Promedio (TDP).
- ❖ Topografía del terreno.

Parámetros del Proyecto

Al ingresar en la tabla normativa con los valores de TDP y el tipo de topografía correspondientes, se obtienen los siguientes elementos técnicos aplicables a este proyecto:

Clasificación y operación:

- Categoría del Camino.
- Control de Acceso.
- Número de Trochas (Carriles).
- Velocidad Directriz.

Geometría y Seguridad:

- Peralte Máximo.
- Radio Mínimo (Deseable y Absoluto).
- Pendientes Longitudinales Máximas.
- Distancia Mínima de Visibilidad (para detención y sobrepaso).

Sección Transversal:

- Anchos de Coronamiento: calzada, banquina y cantero central.
- Taludes de Terraplén (según su altura).
- Ancho de Obras de Arte (distancia entre guardarruedas).

Interacciones:

- Cruces (con ferrocarriles y otros caminos).

6.7 DISEÑO DE ALINEAMIENTO

El alineamiento de la vía se define mediante la integración de sus trazos horizontal y vertical, cuyo diseño está condicionado principalmente por la velocidad de diseño seleccionada. Es fundamental mantener la consistencia de los estándares a lo largo de cada sección para evitar cambios bruscos en la geometría. Asimismo, resulta imperativo que el alineamiento horizontal y el vertical se diseñen de manera coordinada y complementaria; esta coordinación espacial es clave para garantizar una carretera más segura, estética y comfortable para el usuario.

6.7.1 CONDICIONES A TENER EN CUENTA PARA EL TRAZADO DE LA RASANTE SEGÚN DNV

Se define como rasante a la línea que representa, en el perfil longitudinal, las cotas o niveles de la línea de referencia de la calzada (habitualmente el eje geométrico).

Para el caso particular de la ruta en estudio, la rasante se ha proyectado íntegramente en terraplén a lo largo de todo el tramo. Para su definición, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

1. Movimiento de suelos: Compensación longitudinal.
2. Pendientes deseables (pendiente máxima).
3. Altura de la rasante mayor a 0,5 m sobre terreno natural.
4. La distancia de frenado debe ser menor que la distancia de visibilidad.
5. La cota de la rasante debe estar como mínimo a un metro con ochenta centímetros de la napa freática. $H_{mín.} = 1,8$ m de la NF.
6. La diferencia de altura entre el fondo de cuneta y la cota de la rasante debe ser como mínimo de un metro con veinte centímetros, $H_{mín. (f.c.)} = 1,2$ m.
7. La cota de máxima crecida y/o embalse que deberá quedar por debajo de la capa inferior del paquete estructural con el fin de preservar que la estructura de pavimento quede fuera del alcance de las aguas. Altura mínima de rasante con respecto a cursos de aguas permanentes (ríos): 2 m con respecto a la cota de máxima creciente.
8. Puntos obligados de paso que condicionan la rasante son los cruces a nivel con el ferrocarril o caminos pavimentados. La cota de la vía en el primer caso o del pavimento en el segundo condicionan la rasante que deberá tener en la intersección la cota que los mismos poseen.
9. Los fondos de cuneta (izquierdo y derecho, coincidentes o no) pueden acompañar la pendiente de la rasante en zonas llanas o suavemente onduladas en la medida que no superen la pendiente máxima admisible que varía entre el 1,5% y el 2,5% según el tipo de suelo, es decir, si se trata de un suelo muy erosionable o no. En el caso de una rasante horizontal ($i = 0\%$) la cuneta debe tener una pendiente longitudinal mínima del 0,2%. Por otra parte, la solera de la cuneta debe tener un ancho mínimo de 2,5 m. para permitir el ingreso del equipo de mantenimiento (pala de arrastre o cortadora de pasto). La sección final de la cuneta será función de las necesidades de suelo del proyectista.

6.7.2 PENDIENTE MÁXIMA DE DISEÑO

La DNV rige sus diseños de acuerdo con la "Planilla de Características", documento que establece los parámetros normativos. En lo referente a las pendientes máximas, se fijan los siguientes valores límite:

- ❖ Pendiente Deseable: 4%
- ❖ Pendiente Máxima: 6%

Tabla 6.4: especificaciones para las pendientes. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

TIPOS	CATEGORÍA DEL CAMINO	VHD (Veh/h)	TOPOGRAFÍA	VD (Km/h)	PENDIENTES MÁXIMAS %	
					DESEABLE	ABSOLUTA
AUTOPISTA	ESPECIAL	> 15000	LLANO	130	2	3
			ONDULADO	120	3	3
AUTOVÍA	I	5000 a 15000	LLANO	120	3	3
			ONDULADO	110	3	4
CARRETERA	II	1500 a 5000	LLANO	120	3	3
			ONDULADO	100	3	5
			MONTAÑOSO	70	5	7
COMÚN	III	500 a 1500	LLANO	110	3	5
			ONDULADO	90	5	7
			MONTAÑOSO	60	7	9
BAJO VOLUMEN	IV	150 a 500	LLANO	110	4	6
			ONDULADO	70	5	7
			MONTAÑOSO	50	5	8
	V	< 150	LLANO	90	5	6
			ONDULADO	50	6	8
			MONTAÑOSO	30	7	10

6.7.2.1 PENDIENTE TRANSVERSAL DE CALZADA

Para garantizar el rápido escurrimiento de las aguas pluviales y facilitar la conservación de la vía, es imprescindible adoptar perfiles con pendiente transversal. Esta configuración minimiza la probabilidad de infiltración en el paquete estructural y evita la formación de láminas de agua que comprometan la estabilidad y adherencia de los vehículos. Para el adecuado cumplimiento de estas funciones, la determinación de la pendiente transversal se basa en los siguientes factores:

- Características pluviométricas de la zona (seca o lluviosa).
- Rugosidad superficial del pavimento.
- Calidad de las técnicas constructivas de terminación.

Por lo que el Capítulo 3 de las normas de DG en función de los factores mencionados, determinan las siguientes pendientes:

Tabla 6.5: pendientes transversales de la calzada o bombeos normales. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

TIPO DE PAVIMENTO	PENDIENTES TRANSVERSALES %
	ZONA HÚMEDA
Hormigón	2
Concreto asfáltico	2
Carpeta bituminosa y macadam a penetración	2,5
Tratamiento bituminoso doble o triple	3
Tratamiento bituminoso simple	3

Se adopta como perfil de pavimento, para el tramo de la RPN7, una pendiente transversal de 3 %.

6.7.2.2 PENDIENTE TRANSVERSAL DE BANQUINA

La pendiente transversal de la banquina tiene como objetivo asegurar el rápido escurrimiento de las aguas pluviales. Su correcta definición es crucial para evitar infiltraciones que degraden el valor soporte del suelo y comprometan la integridad de la estructura del pavimento. Los valores usuales, que varían según el tipo de revestimiento, son:

Tabla 6.6: pendientes transversales de banquina. – (Fuente: DNV- AASHTO).

TIPO DE MATERIAL	PENDIENTES TRANSVERSALES %
Banquina con tratamiento bituminoso	3 a 5
Banquina con grava o piedra partida	4 a 6
Banquina recubierta de pasto	8

En las secciones peraltadas, la banquina interior de la curva adoptará la misma pendiente del peralte siempre que este supere el valor de la pendiente transversal normal de la banquina.

Respecto a las pendientes transversales generales, estas pueden oscilar entre el 2% y el 8%. Para este proyecto, se adopta un valor de 3% para banquetas con cubierta vegetal. Esta elección asegura el correcto desagüe de las mismas y busca mantener la uniformidad con la pendiente transversal de la calzada.

6.7.3 ANCHO Y ZONA DE CAMINO

Dado que un trazado bien proyectado debe garantizar una vida útil de 40 a 50 años para la zona de camino, resulta imperativo prever un ancho suficiente que permita la futura ejecución de calzadas adicionales. Asimismo, debe evaluarse desde la etapa de diseño la necesidad de implementar un control de accesos.

Tabla 6.7: anchos mínimos de zona de camino. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

ZONAS DE CAMINO		
CATEGORÍA DEL CAMINO	ANCHOS MÍNIMOS DE ZONA DE CAMINO (m)	
	ZONA RURAL	ZONA URBANA
ESPECIAL	150	180
I	120	150
II	100	130
III	70	100
IV	70	100(*)
V	50 (x)	70(x)
<p>NOTA: -(x) Ancho a usar en caso excepcional (xx) Incluye zona para calles colectoras</p>		

*En dicho caso de análisis, la zona de camino ya está definida y se toma el valor de 100 m.

6.7.4 ANCHO DE BANQUINA

La determinación del ancho de la banquina se basa en la dimensión transversal del vehículo más grande que pueda estacionar en ella, sumado a los márgenes de seguridad respecto al borde del pavimento y al borde exterior de la banquina.

Específicamente para los caminos de categoría III y IV en zonas llanas u onduladas, se han adoptado anchos que permitan realizar futuros ensanches de la calzada sin necesidad de modificar el ancho de la obra básica existente.

Tabla 6.8: anchos mínimos de banquina. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

TOPOGRAFÍA DE LA ZONA	CATEGORÍA DE CAMINO					
	Especial	I	II	III	IV	V
	ANCHO DE BANQUINA (m)					
ZONA LLANA	3,5	3	3	3	3,3	1,5
ZONA ONDULADA	3,5	3	3	3,3	3,3	1,5
ZONA MONTAÑOSA	-	3	2	1,5	1,25	1

*Se toma a términos prácticos un ancho de 3 m.

6.7.5 ANCHO DE CALZADA

La determinación de los anchos de calzada se basa en los volúmenes de tránsito futuro previstos —lo que define la categoría del camino— y en la velocidad directriz. El criterio de diseño adoptado establece una correlación directa: se proyectan calzadas de mayor ancho conforme aumentan la demanda de tránsito y la velocidad de operación.

Tabla 6.9: anchos mínimos de calzada. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

VD	CATEGORÍA DE CAMINO					
km/h	Esp.	I	II	III	IV	V
30	-	-	-	-	-	6
40	-	-	-	-	6	6
50	-	-	-	-	6	6
60	-	-	-	6,7	6	6
70	-	-	6,7	6,7	6,7	6
80	-	7	6,7	6,7	6,7	6
90	-	7	6,7	6,7	6,7	6
100	-	7,5	7,3	6,7	6,7	6
110	7,5	7,5	7,3	7,3	6,7	-
120	7,5	7,5	7,3	7,3	-	-
130	7,5	7,5	7,3	-	-	-

*Si las condiciones de tráfico actual impiden, se podría actualizar con las condiciones reglamentarias nuevas a un valor de ancho de calzada de 7,3 m pero para nuestro caso tomamos 7 m.

En consecuencia, las normas de la DNV para Caminos Rurales establecen los siguientes parámetros de diseño geométrico:

- ❖ Velocidad directriz: 110 km/h.
- ❖ Peralte máximo 6 % (recomendado 2- 4%) .
- ❖ Radio mínimo deseable: 935 m.
- ❖ Radio mínimo absoluto: 450 m.
- ❖ Distancia mínima de detención: 196 m .

- ❖ Distancia mínima de sobrepaso: 740 m.
- ❖ Ancho de calzada: 7 m (Categoría IV)
- ❖ Ancho de banquina: 3 m
- ❖ Ancho de coronamiento: 10 m
- ❖ Talud del terraplén: 1:4 para $h < 3$ m

6.7.6 DISTANCIA DE VISIBILIDAD

La Distancia visual se define como la longitud continua, medida sobre la trayectoria de conducción normal, hasta el punto donde el conductor de un vehículo puede ver la superficie de la calzada o un objeto de altura reglamentaria, sin que la visibilidad esté obstruida por el tránsito.

Los criterios para proveer estas distancias visuales mínimas y diseñar los alineamientos en caminos rurales se describen a continuación. La normativa distingue los siguientes tipos de Distancias Visuales Mínimas:

Distancia Visual de Detención (DVD).

Distancia Visual de Adelantamiento (DVA).

Distancia Visual de Decisión (DVDE).

6.7.6.1 DISTANCIA VISUAL DE DETENCIÓN

La Distancia Visual de Detención (DVD) es la longitud requerida por un conductor de habilidad media, circulando a la velocidad directriz en un vehículo con condiciones mecánicas aceptables sobre pavimento húmedo, para detenerse completamente desde el instante en que percibe un obstáculo imprevisto en la calzada. Esta distancia comprende el tiempo de reacción y la distancia de frenado.

La Distancia Visual de Detención (DVD) se compone de dos factores clave:

. Distancia de Percepción y Reacción (DPR): Es la distancia recorrida a la velocidad directriz (V) durante el lapso en que el conductor advierte un peligro y reacciona aplicando los frenos.

. Distancia de Frenado (DF): Es la distancia recorrida bajo un movimiento uniformemente desacelerado, desde el instante en que se aplican los frenos hasta la detención total frente al obstáculo, asumiendo la condición de calzada húmeda.

Metodología de Cálculo

Para el presente caso, la DVD se calculará tanto para el recorrido horizontal como para la condición de pendiente longitudinal. El cálculo se realizará en función de la velocidad directriz y se empleará la pendiente longitudinal máxima adoptada del 6%. Este valor del 6% se considera la situación más desfavorable en combinación con la calzada húmeda.

Tabla 6.10: distancia visual de detención. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

VELOCIDAD DIRECTRIZ (km/h.)	DVD EN (m) EN HORIZONTAL Y PARA DISTINTAS PENDIENTES						
	HORIZONTAL	PENDIENTES EN %					
		-3	-6	-9	9	6	3
30	31	31	32	32	30	30	30
40	43	44	45	46	41	42	43
50	57	58	60	62	54	55	56
60	73	75	77	80	68	70	71
70	91	94	97	101	84	86	88
80	111	115	120	125	101	104	107
90	133	139	146	-	-	124	128
100	160	167	177	-	-	147	153
110	186	196	209	-	-	170	178
120	220	233	-	-	-	-	208
130	262	280	-	-	-	-	247
140	313	335	-	-	-	-	292

Se adopta para una velocidad de 110 km/h una distancia de detención de **186 m** en horizontal, y con una pendiente del 3% una distancia de detención de **196 m**.

6.7.6.2 DISTANCIA VISUAL DE ADELANTAMIENTO

En caminos indivisos de dos carriles y doble sentido, la Distancia Visual de Adelantamiento (DVA) es la mínima distancia requerida para que un conductor, invadiendo el carril de sentido contrario, pueda adelantar a un vehículo más lento sin que su maniobra interfiera la velocidad o trayectoria de un tercer vehículo que se aproxime en sentido opuesto, en caso de que este aparezca una vez iniciada la maniobra.

Tabla 6.11: distancia visual de adelantamiento. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

V	DVA
km/h	m
25	160
30	190
40	260
50	330
60	400
70	470
80	540
90	610
100	680
110	740
120	800

6.7.6.3 DISTANCIA VISUAL DE DETENCIÓN EN UNA CURVA HORIZONTAL

Debe tenerse en cuenta que cuando existan obstrucciones visuales fijas en el lado interior de las curvas (tales como muros, taludes de corte, edificios o barreras de defensa) y estas no puedan removerse, el diseño requerirá ajustes en la sección transversal normal del camino o, en su defecto, cambios en el alineamiento para garantizar una visibilidad adecuada.

Debido a la gran cantidad de variables involucradas —alineamiento, secciones transversales, y el tipo y ubicación de las obstrucciones—, es imprescindible realizar estudios específicos para cada condición particular de la vía.

$RCi = \text{radio mínimo deseable} - \frac{\text{ancho de carril}}{2}$; donde RCi: radio del eje del carril inferior.

Por lo tanto:

$$RCi = 935m - \frac{3,50m}{2} = 933,3 m.$$

Velocidad directriz = 110 km/h.

Con los valores de R_{Ci} y Velocidad directriz, se obtiene el valor de Distancia visual de detención (m1), de la siguiente imagen:

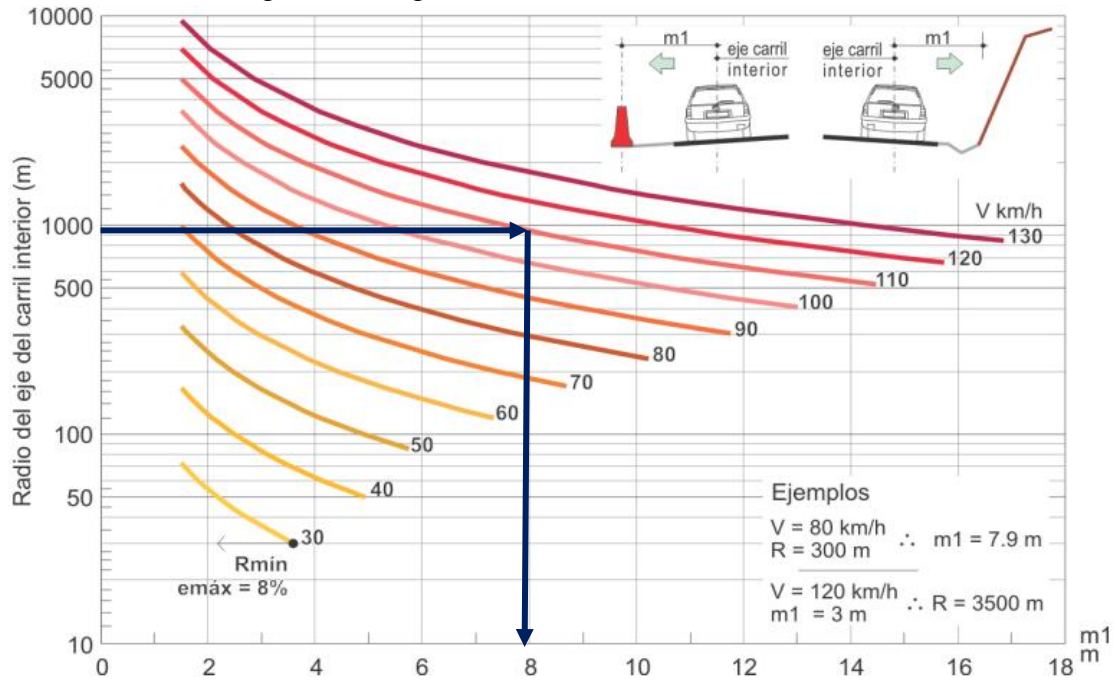


Imagen 6.1: distancia visual de detención. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

Por lo tanto, la velocidad visual de detención obtenida del gráfico es: $m_1 = 8 \text{ m}$.

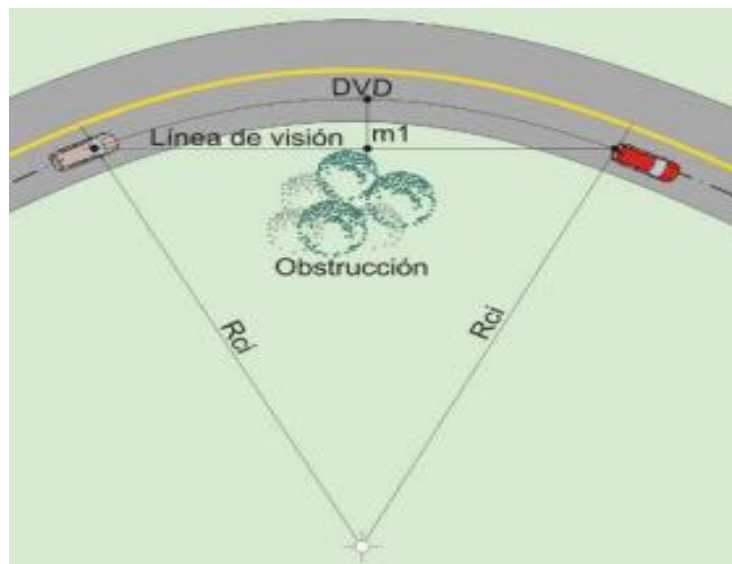


Imagen 6.2: esquema de la distancia visual de detención. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

6.7.7 DESAGÜES

La rasante de desagües debe ajustarse a las siguientes normas de diseño para garantizar su funcionalidad y la estabilidad del proyecto:

1. Diferencia de Cota Mínima (Altura Libre): La diferencia vertical entre la rasante del camino y la cota de desagüe no debe ser menor a 1,20 m. En casos especiales, este margen puede reducirse a 0,80 m, siempre y cuando dicha reducción esté plena y técnicamente justificada.
2. Pendientes Longitudinales Máximas: Para cunetas no revestidas, la pendiente máxima está condicionada por la naturaleza del suelo, siendo necesario determinar la pendiente de erosión en cada caso. Generalmente, para suelos areno-arcillosos, la pendiente no debe exceder el rango de 1% a 1,5%. Si se requieren pendientes superiores, deben proyectarse estructuras de control de erosión, tales como cunetas escalonadas, saltos revestidos o retardadores.
3. Pendientes Longitudinales Mínimas: Las pendientes longitudinales mínimas, en general, no deben ser inferiores al 0,2%. Aunque en situaciones excepcionales se puede aceptar un mínimo del 0,1%, las pendientes óptimas en la mayoría de los casos oscilan entre el 0,5% y el 0,75%.
4. Criterio de Paralelismo: Por motivos de estética y facilidad en los trabajos de construcción, se recomienda que la rasante de desagüe sea, dentro de lo posible, paralela a la rasante del camino proyectado.

6.7.8 CURVAS HORIZONTALES

El alineamiento horizontal general de la vía es sensiblemente rectilíneo, caracterizado por la sucesión de tramos largos en recta, ángulos de desviación relativamente pequeños y el uso de radios de curvatura grandes.

Para la definición técnica de los elementos horizontales, se han contemplado los siguientes parámetros:

- 1) Un radio mínimo deseable para las curvas horizontales de 935 m.
- 2) Un radio mínimo absoluto para las curvas horizontales de 450 m.
- 3) Un peralte máximo para las curvas horizontales teniendo en cuenta que para zonas cercanas a las urbanas y rurales llanas con heladas o nevadas muy poco frecuentes es apropiado tomar un valor de 6%. En cada caso éste será función del radio de la curva.
- 4) Se han considerado transiciones en aquellas curvas horizontales en caso de tener radios menores o iguales a 1.200 m para lograr la correspondiente adaptación del conductor a los trazados circulares.
- 5) **El diseño se desarrolla principalmente sobre traza existente.**

A continuación, se realiza el cálculo de una de las curvas horizontales a modo de ejemplo:

6.7.8.1 CÁLCULO DE CURVA HORIZONTAL

El análisis de las curvas horizontales, utilizado como ejemplo de cálculo, se centra en las cinco curvas existentes a lo largo de la traza actual.

Es importante destacar que se realizó una modificación en un tramo específico de la traza, concretamente en la intersección con la RP13. Este ajuste fue necesario para rectificar la geometría de las curvas preexistentes y mejorar las condiciones de diseño, lo cual conllevará la expropiación de los terrenos afectados.

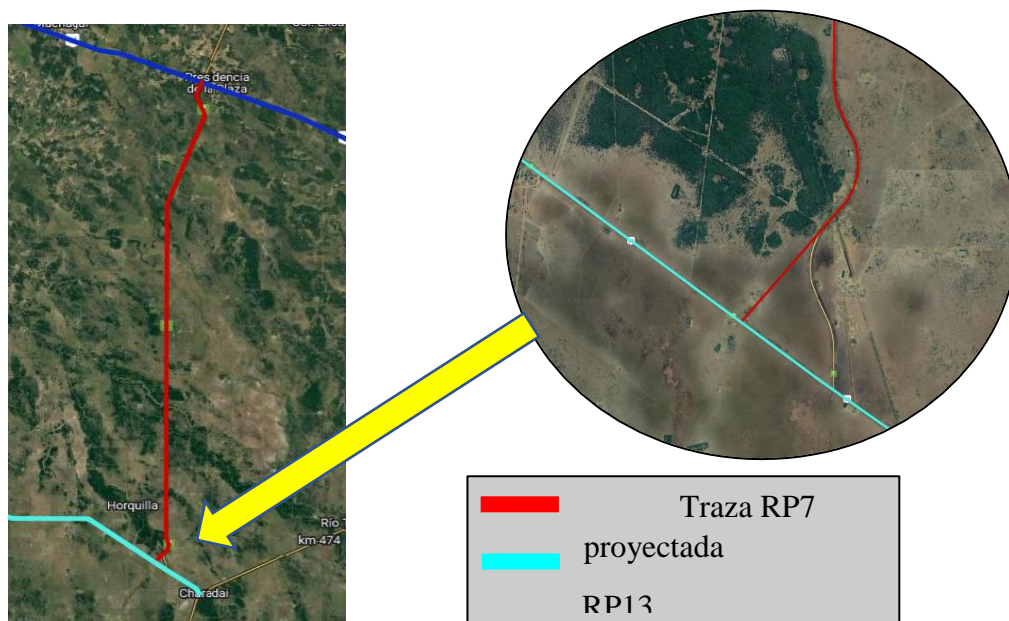


Imagen 6.3: modificación de la traza – intersección RP7 y RP13. – (Fuente: elaboración propia).

Se ilustran a continuación las distintas curvas analizadas. Se nombrarán: C1, C2, C3, C4 y C5 respectivamente:

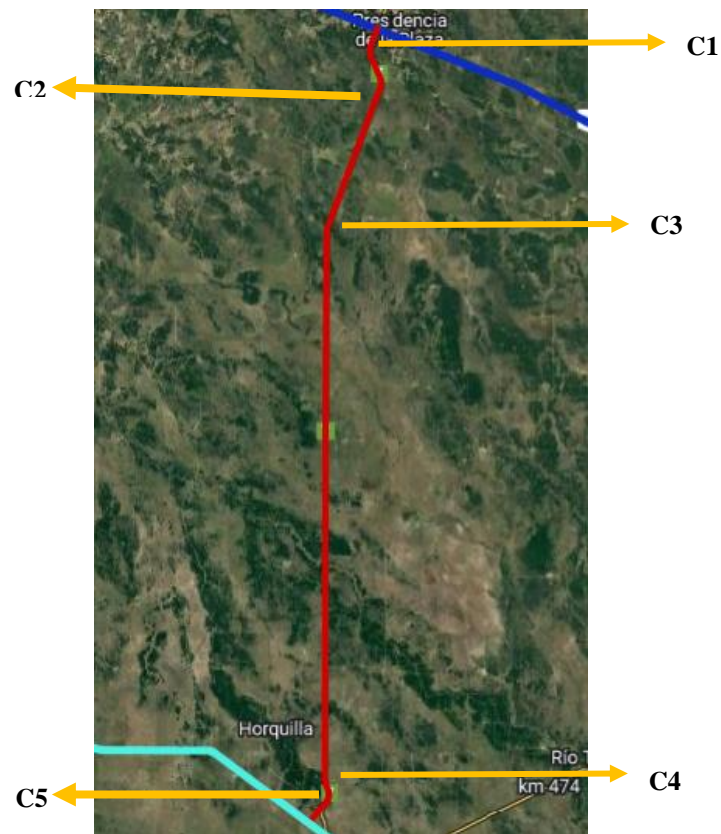


Imagen 6.4: curvas en la traza proyectada. – (Fuente: elaboración propia).

De las distintas curvas se obtuvieron los respectivos radios para elegir el mínimo de todos, considerándolo como el más desfavorable y poder con él, calcular la curva horizontal.

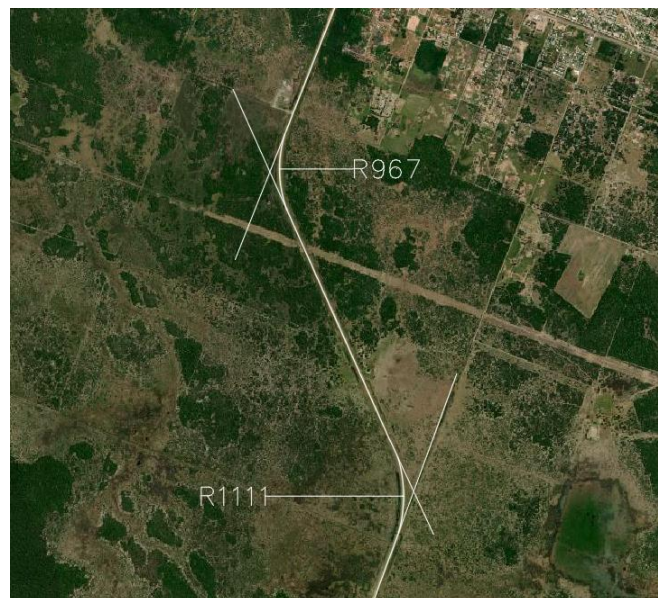


Imagen 6.5: curvas C1 y C2 con sus respectivos radios. – (Fuente: elaboración propia).

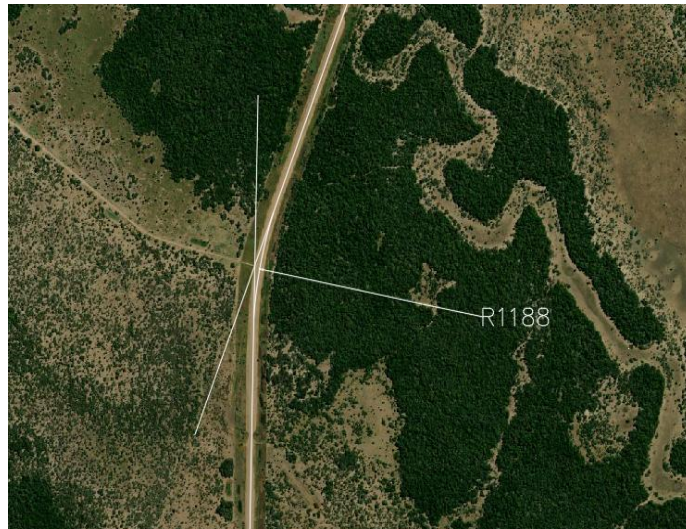


Imagen 6.6: curvas C3 con su respectivo radio. – (Fuente: elaboración propia).

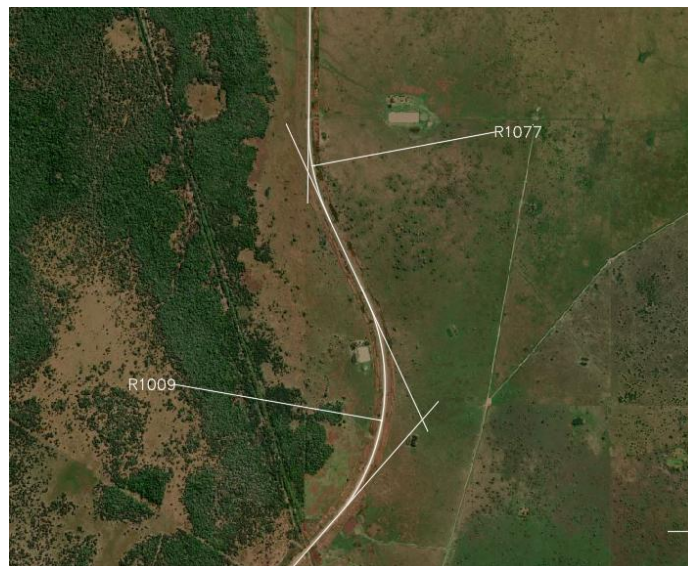


Imagen 6.7: curvas C4 y C5 con sus respectivos radios. – (Fuente: elaboración propia).

El radio adoptado para los cálculos de ejemplo es el correspondiente a la Curva Número 1, cuyo valor es de 967 m.

Este radio fue seleccionado por ser el más cerrado de las curvas propuestas. Sin embargo, aun siendo el más exigente, cumple con los estándares de diseño al ser superior al radio mínimo deseable de 935 m.

Se tienen los siguientes datos:

- 1- Velocidad directriz (VD) = 110 km/h.
- 2- Velocidad media de marcha (VMM): 84Km/h
- 3- Peralte máximo (e) = 6%

4- Coeficiente de fricción máximo (f): 0,12

Tabla 6.12: coeficiente de fricción en función de la VD. – (Fuente: manual DG – DNV 2010).

VD	f
km/h	-
30	0.18
40	0.17
50	0.16
60	0.15
70	0.15
80	0.14
90	0.13
100	0.13
110	0.12
120	0.11

5- Radios mínimos absolutos para peralte máximo de 6% (RmAbs): 450 m.

6- Radios mínimos deseables para peralte máximo de 6% (RmDes): 935 m.

Radio adoptado para peralte del 4%: (Rc1) = 967 m**6.7.8.2 ELEMENTOS DE LA CURVA:****Tabla 6.13:** elementos de curva. – (Fuente: elaboración propia).

CURVA: C1	Derecho		
RADIO DE CURVATURA	967	m	
	Grados	Minutos	Segundos
ÁNGULO DE DEFLEXIÓN: Δ	70	0	0
	1.22	Radianes	
TANGENTE: T	677.10	m	
LONGITUD DE LA CURVA: D	1181.41	m	2200
EXTERNA: E	213.49	m	
CUERDA: c	1109.30	m	

Tabla 6.14: progresivas. – (Fuente: elaboración propia).

PROGRESIVAS		
VÉRTICE: V	1000	m
PRINCIPIO CURVA: PC	322.9	m
CENTRO DE CURVA: CC	913.6	m
FIN DE CURVA: FC	1504.3	m

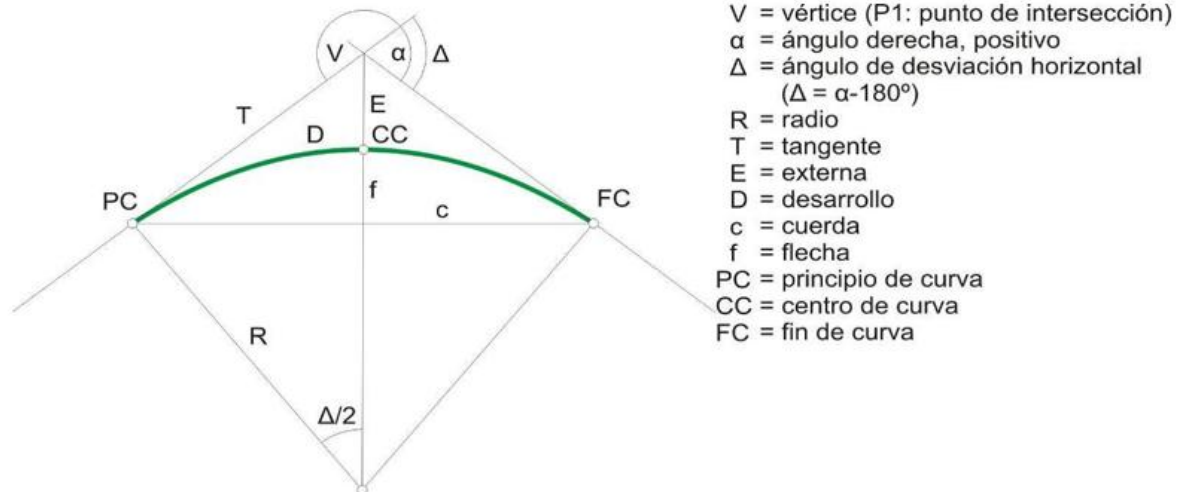


Imagen 6.8: geometría de curva – (Fuente: DNV)

6.7.8.3 CÁLCULO DE LA LONGITUD MÍNIMA

El cálculo es realizado a través de una planilla de Excel que será adjuntado como anexo de este capítulo demostrando que para la curva más cerrada se verifican los valores mínimos estipulados por norma.

6.7.9 CÁLCULO DE CURVA VERTICAL

Debido a que el perfil longitudinal y transversal del terreno, así como la rasante proyectada, presentan pendientes horizontales o muy bajas, no existen quiebres de rasante que demanden la inclusión de curvas verticales por requisitos mínimos de visibilidad.

Sin embargo, aun considerando el terreno favorable, la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) establece valores máximos de incremento de pendiente (Δi) para los cuales no es obligatorio introducir curvas verticales, buscando garantizar la comodidad de los usuarios y la apariencia general de la rasante.

Para la velocidad directriz adoptada en la ruta (110 km/h), la norma indica que solo es obligatorio incorporar curvas verticales cuando la diferencia algebraica de pendientes $i > 0,36\%$, dado que este valor límite no se supera en ningún punto del tramo en estudio, se confirma la innecesaridad de proyectar curvas verticales a lo largo del trazado.

CAPÍTULO 7

INTERSECCIONES

7.1 INTRODUCCIÓN

En las infraestructuras viales, las intersecciones representan puntos neurálgicos donde convergen distintas vías, definiendo la dinámica del flujo vehicular. En nuestro caso analizamos dos intersecciones, la primera intersección se ubica en el encuentro entre la RN16 y la RP7, y la segunda intersección está ubicada en la intersección formada por la RPN°7 y la RP13, las cuales emergen como un punto focal de interacción, fusionando corrientes de tráfico provenientes de diferentes direcciones. Esta junta de caminos no solo implica una compleja ingeniería vial, sino también una cuidadosa consideración de la seguridad, eficiencia y fluidez del transporte.

La elección del tipo de intersección en estos puntos críticos depende fundamentalmente del volumen de tráfico que afluye a las mismas y de la forma en que dicho tránsito se distribuye.

En este estudio, veremos la descripción y análisis de estas intersecciones vial específicas, donde importantes rutas se entrelazan, delineando un escenario de intercambio constante de vehículos y usuarios. Examinaremos los distintos elementos que componen estos nodos de movilidad, comprendiendo su papel crucial en la red de transporte y su impacto en la vida cotidiana de quienes transitan por ellos, donde las características físicas que controlan el proyecto de una intersección son: la topografía, el ángulo de intersección, el diseño de los caminos que se cruzan, etc.

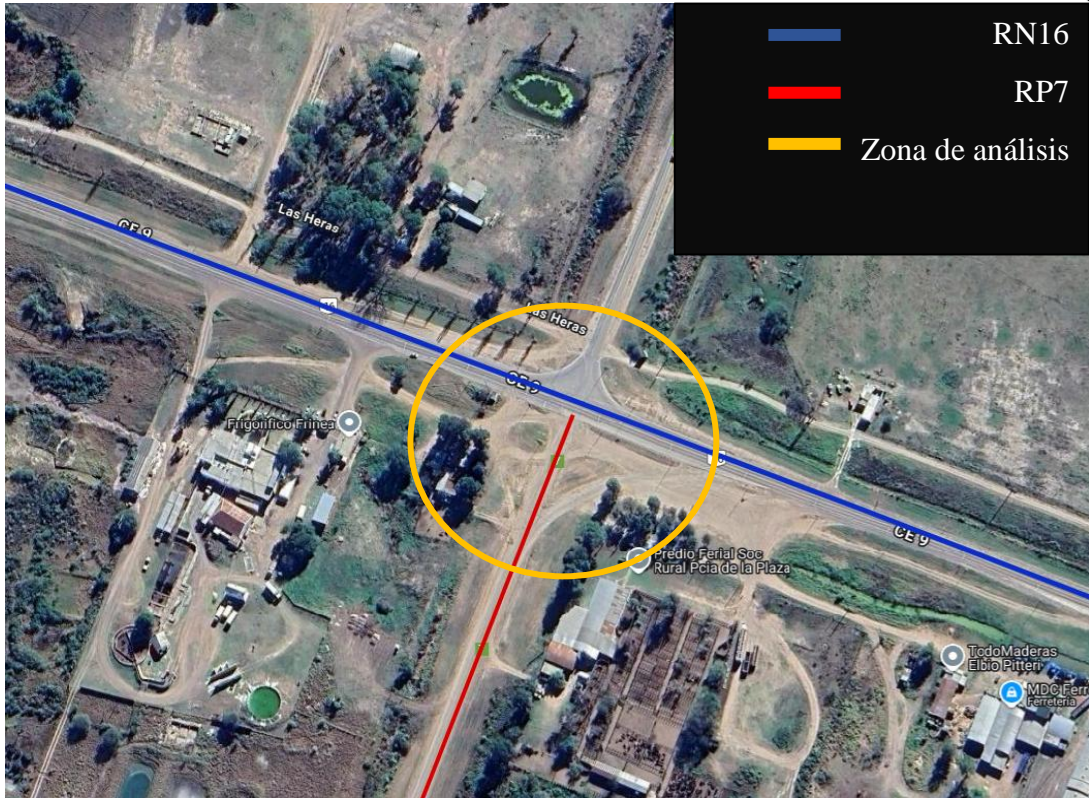


Imagen 7.1: intersección N°1 (RN16-RP7). – (Fuente: Google Earth Pro).

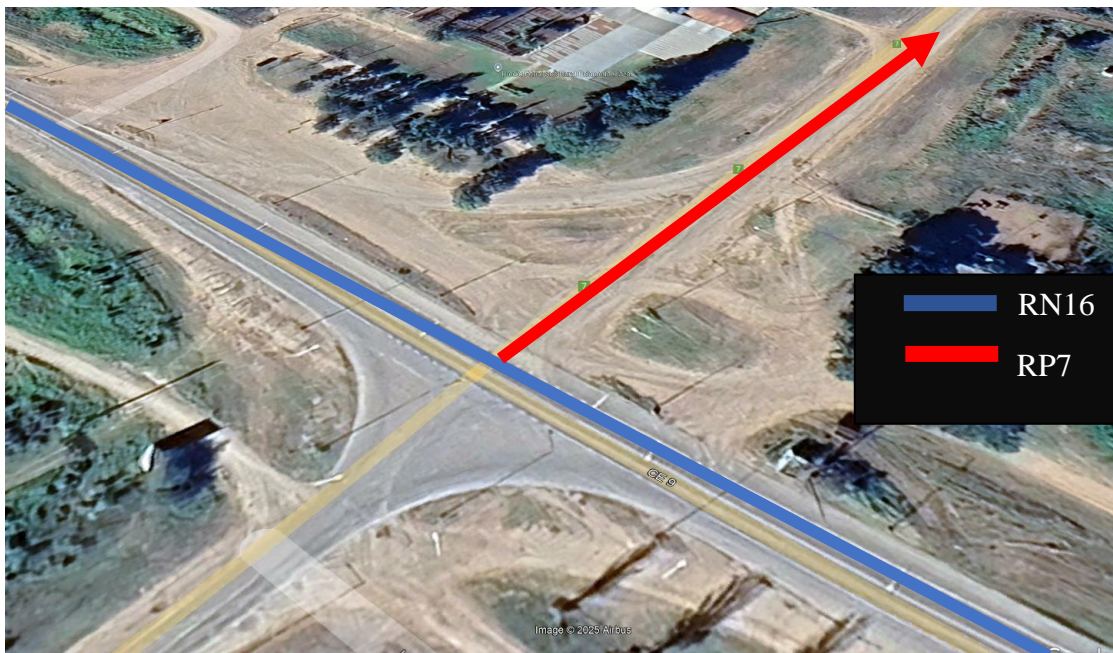


Imagen 7.2: intersección N°1 (RN16-RP7). – (Fuente: Google Earth Pro).

Cabe aclarar que para la intersección N°2, la traza actual plantea lo siguiente como se ilustra en la *imagen 7.3* pero por cuestiones de diseño, se modifica posteriormente ese tramo lo cual tendremos el análisis correcto de esta intersección en la sección correspondiente a la misma.



Imagen 7.3: intersección actual entre (RP7 - RP13). – (Fuente: Google Earth Pro).



Imagen 7.4: intersección actual entre (RP7 - RP13). – (Fuente: Google Earth Pro).

7.2 CONSIDERACIONES GENERALES

Debido a la complejidad del análisis, en este anteproyecto se han seleccionado dos intersecciones de importancia las cuales solo se propondrá una solución teniendo en cuenta los

movimientos y volumen del tránsito para que la circulación de las mismas funcione en una forma segura y eficiente.

El diseño de las intersecciones se encuentra preponderantemente influenciado por las características del tránsito que debe atender, el entorno físico, los factores económicos, y factores humanos en menor complejidad.

La metodología a utilizarse para el estudio del tránsito fue debidamente desarrollada en el Capítulo 5 (Tránsito) donde se evaluaron los volúmenes de tránsito teniendo en cuenta las rutas aledañas, los tipos de vehículos y su distribución porcentual.

7.3 TRÁNSITO A SERVIR POR LAS INTERSECCIONES

Para la estimación del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) proyectado a ser absorbido por cada intersección, se podría considerar la adopción de nuevos coeficientes porcentuales derivados de los estudios de la RN16 y de la RP13, esta última actualmente se encuentra en fase de proyecto con cálculos estimados. Teniendo en consideración que para bajos volúmenes de tránsito, la probabilidad de accidentes es baja y el incremento de los costos de operación por demoras en el cruce también es bajo, posiblemente no se justifique construir obras de arte costosas. A medida que el tránsito aumenta, se incrementa la probabilidad de accidentes y la demora en el cruce, por dicha razón y técnicamente más precisa y representativa, se considera metodológicamente adoptar el mismo valor de TMDA determinado para el tramo principal objeto de dicho proyecto. Por consiguiente, se ha resuelto que el volumen de tránsito para las intersecciones correspondiente a la RP7, se establecerá en el valor definido previamente en el Capítulo 5, ascendiendo 452 vehículos por día (vpd).

7.4 CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN

7.4.1 INTERSECCIÓN N°1

La intersección está ubicada en el acceso previo al ingreso a la localidad de Presidencia de la Plaza, la zona de la intersección es topográficamente plana y en función del tránsito que circula por la zona, se debe analizar el TMDA de la ruta en cuestión (RP7) como un camino secundario y el TMDA de la RN16 equivalente según estaciones permanentes de control arrojando el valor de 6.520 vpd en sentido de E-O y 7.661vpd en sentido O-E, tomando este último valor como el flujo representativo de un camino principal con la estimación de considerar un crecimiento anual del 3% correlacionado con el TMDA para la RP7 en cuestión para 10 años.

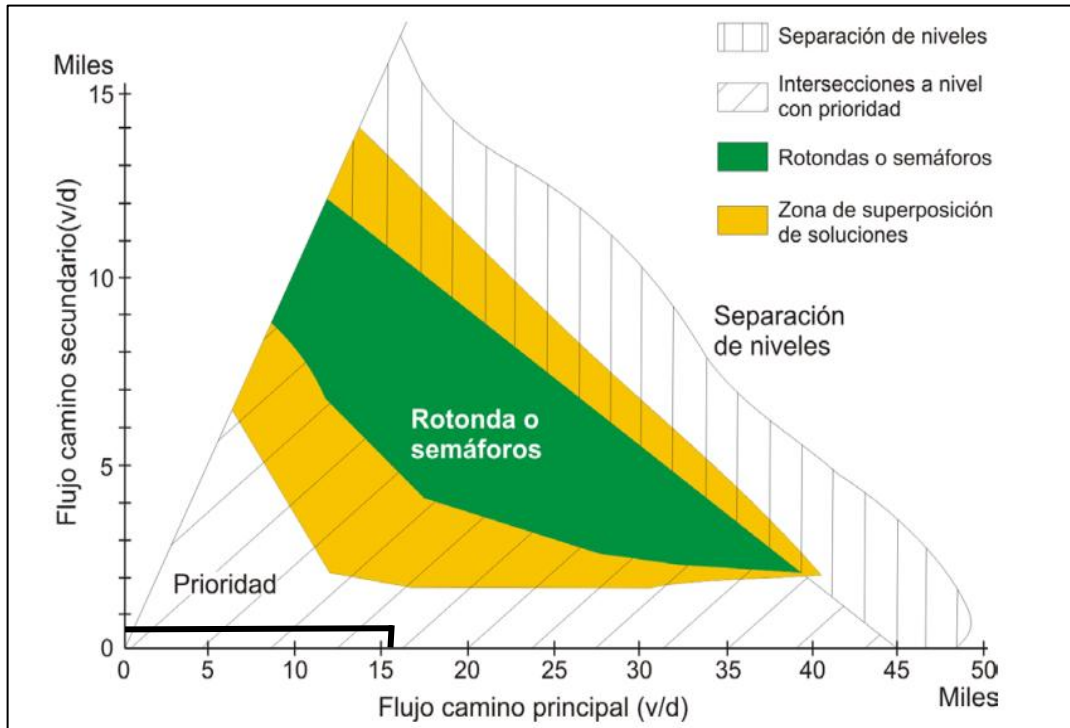


Imagen 7.5: tipo de intersección según el tránsito. – (Fuente: norma DG-DNV).

Teniendo en cuenta la *imagen 7.5*, se determina que la propia será una **intersección a nivel con prioridad**.

A continuación, se determina el tipo de intersección a nivel para camino de dos carriles y para una velocidad directriz mayor a 90 km/h.

7.4.1.1 ADOPCIÓN DEL TIPO DE SOLUCIÓN PARA INTERSECCIÓN 1

La zona de la intersección es plana y dispone de suficiente área, además de presentar condiciones topográficas favorables. Considerando el tránsito que circula por el sector y la diferencia de volúmenes entre las rutas involucradas, la alternativa que mejor se adapta al flujo existente es la implementación de una rotonda moderna (RM) como tipología de intersección recomendada.

- ❖ Razones para considerar una rotonda moderna:

Las RM constituyen una forma de control de tránsito segura y eficiente debido a que:

- Se busca lograr reducir las velocidades relativas de los vehículos conflictivos para la reducción significativa de accidentes considerando la cercanía a la zona urbanizada de la intersección.

- Reducen la gravedad de accidentes de todos los usuarios, permiten convergencias más seguras en el tránsito circulante, y dan más tiempo a todos los usuarios para detectar y corregir sus errores o los ajenos debido a las menores velocidades vehiculares
- Menos puntos de conflicto en general, y sin conflictos por giro a la izquierda ya que reducen a sólo 8 conflictos vehículo/vehículo.
- Imponen dos restricciones, deliberadamente diseñadas, a los conductores que entran en ella; uno reglamentario como “ceder el paso”, y otro geométrico como la “deflexión de la entrada y trayectoria”.

*Se consideran las siguientes características en función del capítulo 5 de las normas de diseño geométrico estipuladas por la DNV, y la FHWA para la intersección propuesta.

❖ Tránsito considerable total

Se tendrá entonces para una intersección propuesta con rotonda moderna de 4 entradas el siguiente tránsito:

Tabla 7.1: tránsito total considerado. – (Fuente: elaboración propia).

Rutas	Sentido	TMDA (vpd)
RP 7	Norte – Sur	475
RP7	Sur – Norte	452
RN 16	Oeste – Este	7.661
RN 16	Este - Oeste	6.520
		TOTAL: 15.108 vpd

❖ Diámetro en función del vehículo de diseño y la ubicación de la rotonda.

El diámetro del círculo inscrito en una rotonda de un solo carril por lo general tiene que ser por lo menos 32m para acomodar un WB-15, el vehículo de diseño, un diámetro más grande es normalmente necesario para los vehículos de diseño más grande que un WB-15.

Tabla 7.2: tipo - diámetro - vehículo de diseño. – (Fuente: norma DG-DNV).

Configuración de Rotonda	Vehículo de Diseño Tipo	Rango de Diámetro de Circulo Inscrito Común *
Minirotonda	SU-9	14 a 27 m
Rotonda de un solo Carril	B-12	27 a 46 m
	WB-15	32 a 46 m
	WB-20	40 a 55 m
Multicarril rotonda (2 carriles)	WB-15	46 a 67 m
	WB-20	50 a 67 m
Multicarril rotonda (3 carriles)	WB-15	61 a 76 m
	WB-20	67 a 91 m

- ❖ Diámetro en función del tránsito y la ubicación de la rotonda.

Tabla 7.3: tipo – diámetro - volumen de tránsito. – (Fuente: norma DG-DNV).

Tipo de rotonda	Diámetro ¹ típico de circulo inscrito (m)	Volumen ² típico de tránsito diario (vpd) Rotonda de cuatro ramales
Urbana Un-Carril	35 - 43	< 25000
Urbana Multicarril (entradas 2-carriles)	45 - 60	25000 a 55000
Urbana Multicarril (entradas 3 ó 4 carriles)	60 - 85	55000 a 80000
Rural Un-Carril	36 - 45	< 25000
Rural Multicarril (entradas 2-carriles)	55 - 67	25000 a 55000
Rural Multicarril (entradas 3-carriles)	60 - 76	55000 a 70000

¹El diámetro es medido de cara a cara de los cordones exteriores.

En nuestro caso para un camino rural de un carril es decir de una entrada, y un volumen total menor a los 25.000 vpd se estimaría un radio entre 32-46 m.

- ❖ Ancho de calzada circulatoria

En las rotondas de un solo carril, el ancho de calzada circulatoria debe ser cómodo para los vehículos de pasajeros y debe ser lo suficientemente amplio como para acomodar a un ómnibus o un WB-15 en la rotonda, Los típicos anchos de la calzada circulatoria varían entre 5 m y 7 m para este diseño. Se debe tener cuidado para evitar que el ancho de calzada circulatoria sea demasiado amplio en una rotonda de un solo carril porque los conductores pueden pensar que dos vehículos puedan circular lado a lado.

- ❖ Recomendaciones para RM de 1 carril para camino rural

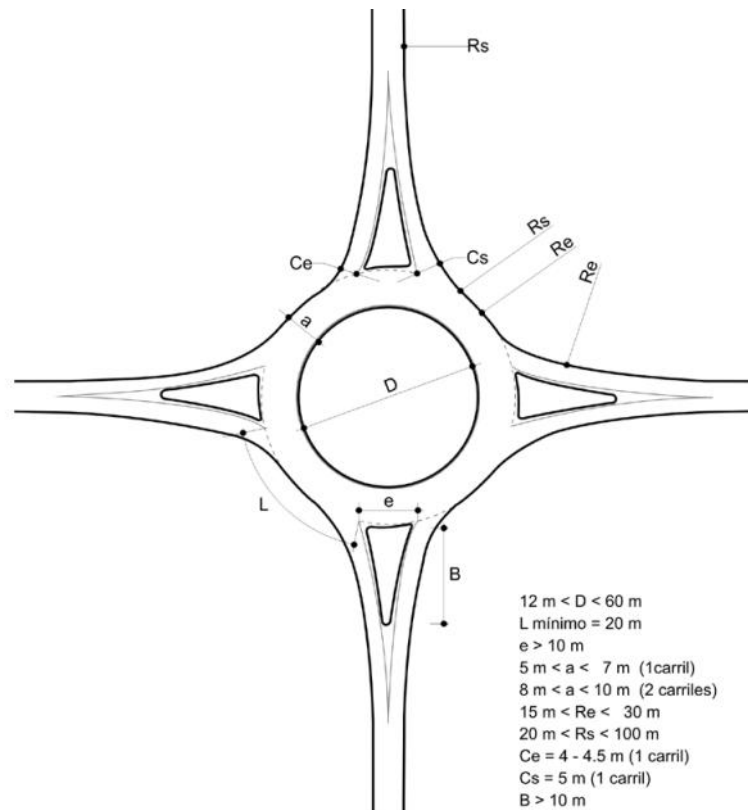


Imagen 7.6: dimensiones propuestas para RM. – (Fuente: norma DG-DNV).

7.4.1.2 DISEÑO DE LA INTERSECCIÓN 1

Dicha rotonda, es una intersección en la cual las ramas que concluyen en ella se comunican mediante una isleta central, rodeada por una zona pavimentada que posee un solo sentido de circulación alrededor de la misma.

1. Velocidad de diseño en la entrada y transición de la intersección: 40 km/h.
2. Diámetro inscripto: 42 m.
3. Diámetro interno: 30 m.
4. Ancho de calzada de circulación (a): 6 m.
5. Ancho de isleta (e): 12 m.
6. Longitud de isleta (B): 20 m.
7. Radio de la trayectoria de entrada (Re): 30 m.
8. Radio de la trayectoria de circulación: $D/2 + a = 21$ m.
9. Radio de la trayectoria de salida (Rs): 60 m.

Cumpliendo así con los parámetros estipulados por la norma de diseño geométrico para una RM, se adjunta un croquis del diseño planteado en la *imagen 7.7*.

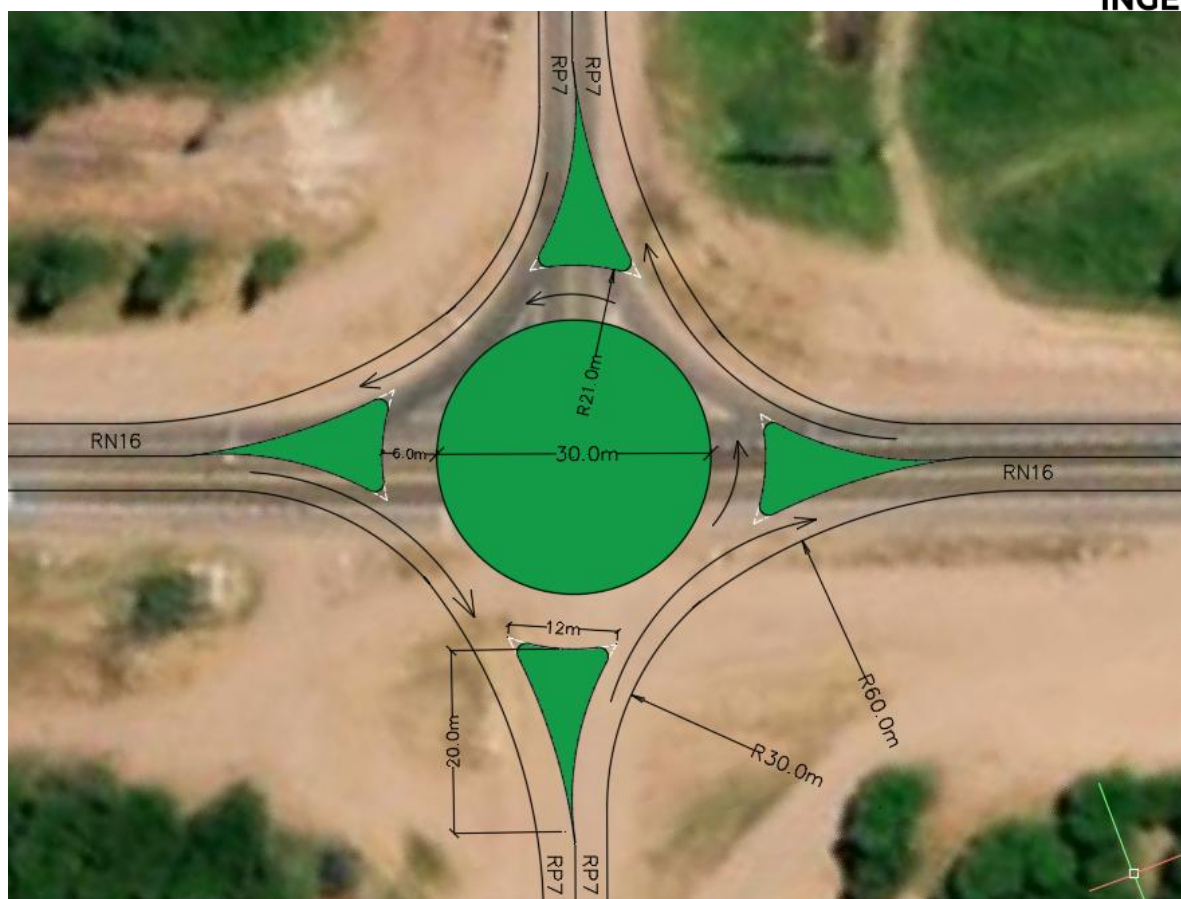


Imagen 7.7: dimensiones propuestas para RM de 1 carril. – (Fuente: elaboración propia).

7.4.2 INTERSECCIÓN N°2

La intersección N°2, se proyectó teniendo en cuenta la modificación de la traza en el final del tramo para eliminar la curva y contracurva que cruzaba la traza del FFCC Belgrano e intersectar la RP13 con un ángulo de 90° , eliminando así dos conflictos.

A continuación, se detalla en la *imagen 7.8* la nueva traza proyectada al final del tramo.

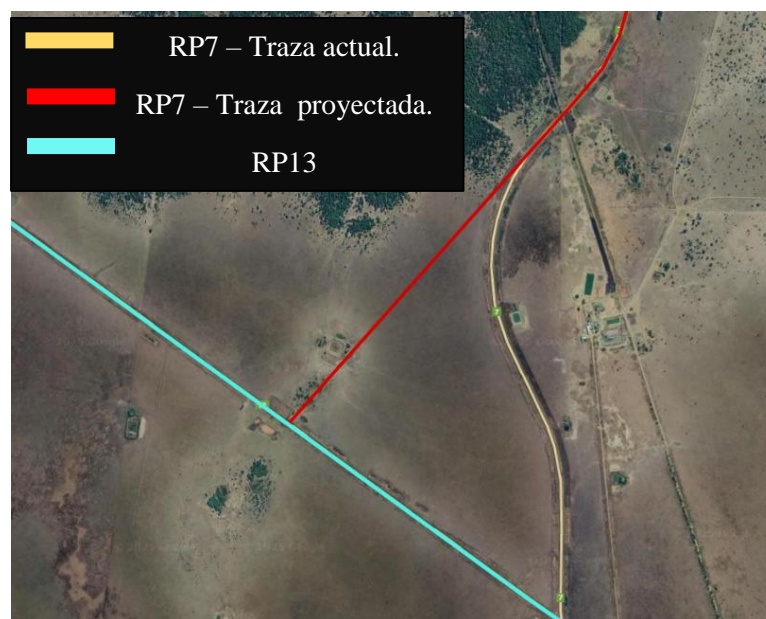


Imagen 7.8: intersección 2- RP7 y RP13- traza nueva proyectada. – (Fuente: elaboración propia).

Para la elección del tipo de intersección a diseñar se establecen jerarquías entre las rutas. Para este caso, la ruta principal será la RP13 por mayor tránsito medio diario anual.

En función de los TMDA de los caminos que se interceptan utilizando la misma normativa para establecer la intersección a construir, con una analogía similar para la intersección N°1. Definiendo los valores de tránsito de la RP13 con un TMDA de 4160 veh./día ubicado en las abscisas y el camino secundario la RP7 con un TMDA de 452 veh./día ubicado en las ordenadas que se detalla en la *imagen 7.9*.

Ingresando con los TMDA de RP13 y RP7 respectivamente, obtenemos: **el tipo de intersección.**

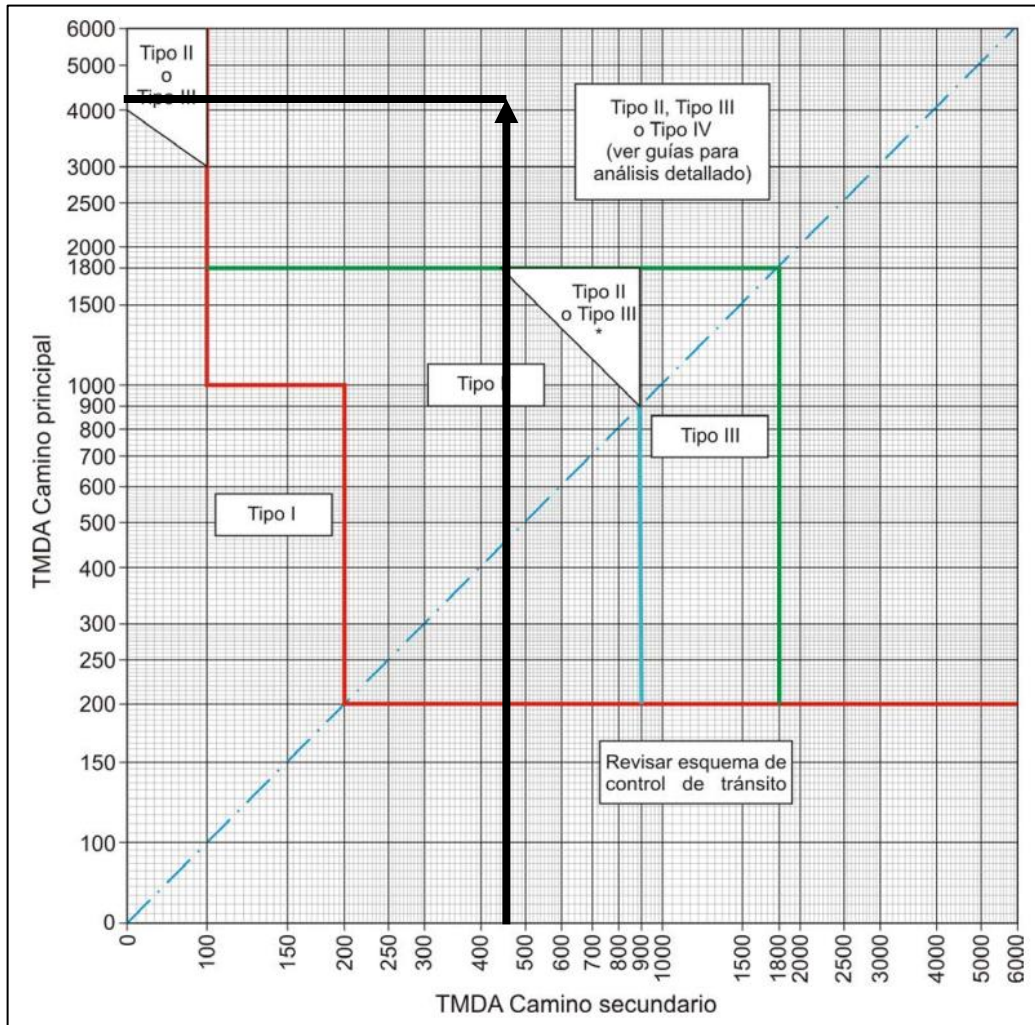


Imagen 7.9: elección tipo de intersección. – (Fuente: norma DG - DNV).

De la imagen 7.9 se determinó que será una intersección a nivel con prioridad los cuales pueden ser:

- ❖ De tres ramales en T o en Y.
- ❖ De cuatro ramales en X.
- ❖ Multirramales.
- ❖ Rotondas.

Una vez que tenemos definido que la intersección será a nivel, entramos a la cual nos permite seleccionar el tipo de intersección a nivel según los TMDA de ambos caminos. Las categorías previstas son:

- Tipo I: con curvas simples, sin abocinamientos.
- Tipo II: con curvas simples o de tres centros, con abocinamientos.
- Tipo III: ídem II, ensanchadas (con carriles auxiliares para giros).

- Tipo IV: canalizada, con isletas y carriles auxiliares para giros.

De la *imagen 7.9* obtenemos que es una intersección tipo II, Tipo III o Tipo IV, por lo tanto, por el tipo de intersección que tenemos en nuestro caso y el tipo de topografía que se tiene en dicha intersección, recomendamos adoptar **tipo IV** que resulta más conveniente ya que por disponer un ensanche con carril auxiliar para giro las isletas canalizan los movimientos y ordenan trayectorias reduciendo la posibilidad de choques frontales y laterales severos porque obliga al conductor a ingresar al cruce con menor velocidad y trayectoria definida.

Se considera además que es una muy buena alternativa para cuando no hay suficiente espacio por lo que requiere menos superficie que una rotonda, es ideal para zonas donde el derecho de vía es limitado y permite adaptarse al terreno con obras menores y con lo demás mencionado permite controlar accesos y caminos secundarios con buena eficiencia.

❖ **Intersección tipo IV:**

Tipo IV: canalizada, con isletas y carriles auxiliares para giros

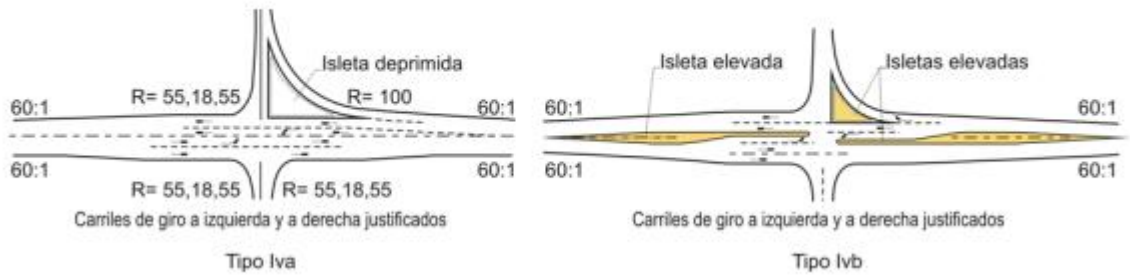


Imagen 7.10: intersección tipo IV. – (Fuente: norma DG - DNV).



Imagen 7.11: intersección N°2. – (Fuente: elaboración propia).

7.5 VEHÍCULO DE DISEÑO

El ancho de pavimentos en las distintas zonas de una intersección canalizada dependerá del tipo del vehículo que se haya adoptado para el diseño y de los volúmenes de tránsito que efectúen los distintos movimientos de giro.

Las canalizaciones proyectadas en las intersecciones canalizadas serán para una sola mano correspondiéndole una trocha, un solo sentido de circulación y sin ancho adicional para permitir el sobrepaso.

Para cada categoría el ancho del pavimento requerido dependerá de las dimensiones del vehículo de diseño y del radio de la canalización. La selección del vehículo de diseño dependerá de la frecuencia de paso por el lugar de los diferentes vehículos tipo. El ancho del pavimento se incrementa tanto con el tamaño del vehículo como con la inversa del radio de la canalización.

La clasificación de vehículos tipos de diseño responde a las siguientes características.

- Denominación “P”: automóvil.
- Denominación “SU”: camionetas o minibús.
- Denominación “B12”: ómnibus grande.
- Denominación “WB12”: combinación de semirremolque.
- Denominación “WB15”: combinación de camión y acoplado

Los anchos de diseño deseables y las trayectorias de giro en las ramas de intersecciones, con radios adecuados, dependen de tres composiciones o hipótesis diferentes de tránsito. Estas son:

Condición A: predomina el vehículo de proyecto “P” con bajo porcentaje de Camionetas “SU”.

Condición B: Suficientes vehículos del tipo “SU” (mayor al 10%) como para gobernar el diseño, pero con algún porcentaje de vehículos “WB”.

Condición C: Suficiente cantidad de vehículos “WB” (mayor o igual 10% del tránsito total) como para gobernar el diseño.

Las condiciones de tránsito A, B, C están descritas en realidad en términos generales, ya que tanto el volumen como el porcentaje sobre el total de cada tipo de vehículo no definen con exactitud cada condición de tránsito en relación con el ancho del pavimento. Es decir, en

general puede suponerse que la condición A tiene un bajo volumen de camiones o sólo ocasionalmente un semirremolque, la condición B tiene un moderado volumen de camiones, del rango del 10% al 20% del total del tránsito, y la condición C tiene más y mayores camiones.

Para el volumen de tránsito que maneja la intersección se adoptó la condición B ya que el tramo posee un 24,2% de camiones (8,1% de camión S/A, 8,3% de camión C/A, 7,8% de camión semirremolque); esto fue descrito en el capítulo 5, de tránsito.

7.5.1 CONSIDERACIONES DEL VEHÍCULO DE DISEÑO

El tamaño y maniobrabilidad de los vehículos es un factor que gobierna el diseño de las intersecciones, particularmente en soluciones canalizadas.

Al seleccionar un vehículo, el proyectista debe evaluar cuidadosamente la composición del tránsito. Por ejemplo, si el tránsito que gira es casi todo de vehículos de pasajeros, puede resultar muy costoso diseñar para camiones grandes. Sin embargo, el diseño debe permitir que un camión grande ocasional gire mediante la ampliación de la curva y la invasión sobre otros carriles, sin molestar significativamente al tránsito.

Para la intersección en estudio se utilizará el vehículo **WB-15**. Que ya fue descrito y presentado en el capítulo 6 de diseño geométrico

El radio mínimo de giro y las longitudes de transición que se muestran a continuación corresponden a giros realizados a 15 km/h de velocidad. Velocidades más altas alargan las curvas de transición y requieren radios mayores que los mínimos.

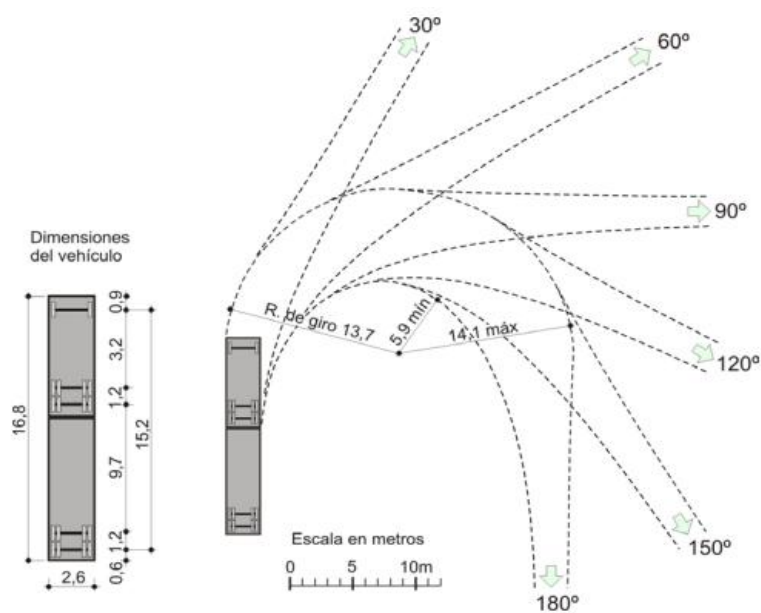


Imagen 7.12: mínima trayectoria para vehículo de diseño WB-15. – (Fuente: norma DG - DNV).

7.6 TRAZADOS MÍNIMOS DE GIROS DE BORDE DE CALZADA

Cuando el espacio disponible para la intersección sea muy reducido, o los movimientos de giro de muy poca importancia, se podrá utilizar intersecciones de trazado mínimo. En estos casos el diseño está gobernado exclusivamente por las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo elegido.

Los diseños de borde para giros recomendados en la *tabla 7.4* provienen del “Manual de Carreteras, AASHTO (2004)” que fueron adoptados por las normas de diseño geométrico nacionales. Los radios mínimos que allí se indican están referidos al borde interior del pavimento en la curva y diseñados para las siguientes condiciones de operación:

- Velocidad de giro de 15 km/h.
- Que la trayectoria del vehículo tipo queda inscrita en la curva sin desplazamiento a los carriles vecinos tanto en la entrada como en la salida.
- Distancia mínima de las ruedas interiores al borde del pavimento de 0,30 m a lo largo de la trayectoria.
- Giros a la derecha y a la izquierda.

La *tabla 7.4* recomienda curvas simples de radio único para ángulos de giro pequeños y vehículos menores. A medida que el ángulo de giro crece y el vehículo de diseño es más grande, los mínimos en cuestión se transforman en curvas circulares también simples, pero con retranqueos y cuñas que mejoran las condiciones de los giros y disminuyen la superficie pavimentada.

Tabla 7.4: trazados mínimos de borde de calzada. – (Fuente: norma diseño geométrico - DNV).

Vehículo tipo	Ángulo de giro (°)	Radio de curva simple m	Radio de curva simple con cuña		
			Radio m	Retranqueo m	Cuña m:m
P	30	18	-	-	-
SU		30	-	-	-
WB-12		45	-	-	-
WB-15		60	-	-	-
WB-19		11	67	1	15:1
P	45	15	-	-	-
SU		23	-	-	-
WB-12		38	-	-	-
WB-15		53	38	0,8	15:1
WB-19		70	43	1,2	15:1
P	60	12	-	-	-
SU		18	-	-	-
WB-12		28	-	-	-
WB-15		45	29	1	15:1
WB-19		50	43	1,2	15:1
P	75	11	8	0,8	10:1
SU		17	14	0,8	10:1
WB-12		-	18	0,8	15:1
WB-15		-	20	1	15:1
WB-19		-	43	1,2	20:1
P	90	9,0	6	0,8	10:1
SU		15,0	12	0,8	10:1
WB-12		-	14	1,2	10:1
WB-15		-	18	1,2	15:1
WB-19		-	36	1,3	30:1
P	105	-	6	0,8	8:1
SU		-	11	1	10:1
WB-12		-	12	1,2	10:1
WB-15		-	17	1,2	15:1
WB-19		-	35	1	15:1
P	120	-	6	0,8	10:1
SU		-	9	1	10:1
WB-12		-	11	1,5	8:1
WB-15		-	14	1,2	15:1
WB-19		-	30	1,5	15:1
P	135	-	8	0,5	10:1
SU		-	9	1,2	10:1
WB-12		-	9	2,5	15:1
WB-15		-	12	2	15:1
WB-19		-	24	1,5	20:1
P	150	-	6	0,8	10:1
SU		-	9	1,2	8:1
WB-12		-	9	2	8:1
WB-15		-	11	2,1	6:1
WB-19		-	18	3	10:1
P	180	-	5	0,2	20:1
SU		-	9	0,5	10:1
WB-12		-	6	3	5:1
WB-15		-	8	3	5:1
WB-19		-	17	3	15:1

En nuestro caso que tendremos una intersección a 90°, para las características descriptas para un vehículo de diseño siendo este un WB-15, se corresponde lo siguiente:

- Ángulo de giro: 90°
- Radio interno mínimo: 18 metros
- Retranqueo: 1,2m
- Cuña: 15:1

7.7 ANÁLISIS PARTICULAR DE LA INTERSECCIÓN N°2.

Como en el caso de este trabajo, las intersecciones se dan entre una vía de flujo continuo (vía donde los vehículos desarrollan altas velocidades y no se espera que frenen en la intersección) y accesos a localidades, no se espera que el NIVEL 1 (Regla Básica de Paso) de las jerarquías de control se cumplan.

El NIVEL 1 de las jerarquías de control establece que, en ausencia de una señal de “PARE”, el vehículo que circula por la derecha tiene el derecho de paso sobre aquél que circula por la izquierda. Es decir, que cualquier accidente ocasionado, la responsabilidad es atribuida a aquél que circula por la izquierda. Por lo mencionado las condiciones de la intersección no son seguras, por lo que se recurre al NIVEL 2 (Asignación directa del derecho de paso a través de la colocación de señales de CEDA EL PASO o PARE).

Según el Manual de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (MUTCD), esta intersección merece la colocación de un cartel de PARE en la ruta secundaria (RP7), según la GARANTÍA A, que establece “una intersección entre una calle principal y una secundaria, donde los derechos de paso normales no se espera que operen con seguridad” y la GARANTÍA B, que establece “Calles que entren a autopistas u otras calles de tránsito continuo”.

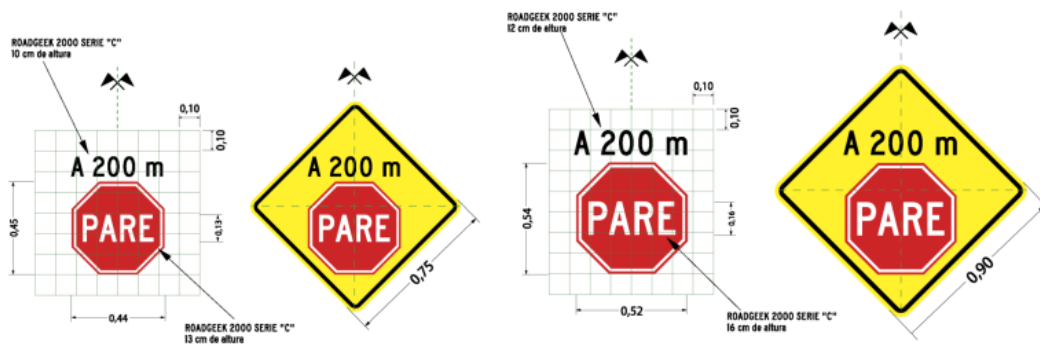


Imagen 7.13: señal de PARE/ señal de proximidad. – (Fuente: manual de señalización vertical-DNV).

La colocación de esta señal de tránsito como lo indica la *imagen 7.13* implica que los vehículos que circulan por la calle secundaria deben detener la marcha completamente cuando lleguen a la intersección.

Las intersecciones controladas por PARE no necesitan triángulos visuales de aproximación (Según Normas de DNV) porque todos los vehículos del camino secundario (RP7) deben parar antes de entrar o cruzar el camino principal.

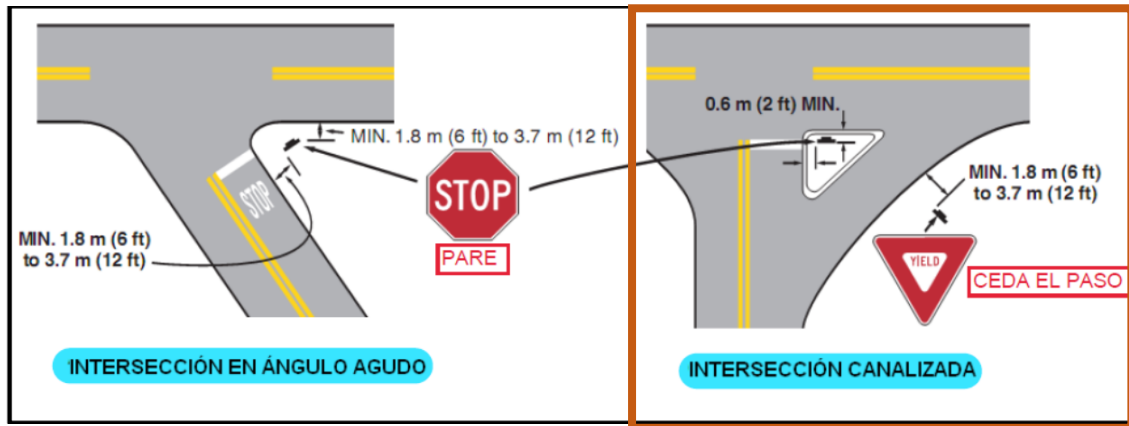


Imagen 7.14: señal de PARE/ señal de proximidad – (Fuente: manual de señalización vertical-DNV).

Se procede a la maniobra de cruce, una vez que los vehículos que circulan por la calle principal (RP13) hayan despejado la intersección. En cuanto a los vehículos que circulan por la RP7, siempre sus movimientos, deben estar condicionados por cartelerías de límites de velocidad en la intersección. A continuación, una imagen ilustrativa del camino principal y las señalizaciones correspondientes, recomendables antes de llegar a una intersección. A modo ilustrativo se muestra en la *imagen 7.15* un croquis diseñado con la cartelería necesaria y suficiente para una intersección tipo, similar a la nuestra.

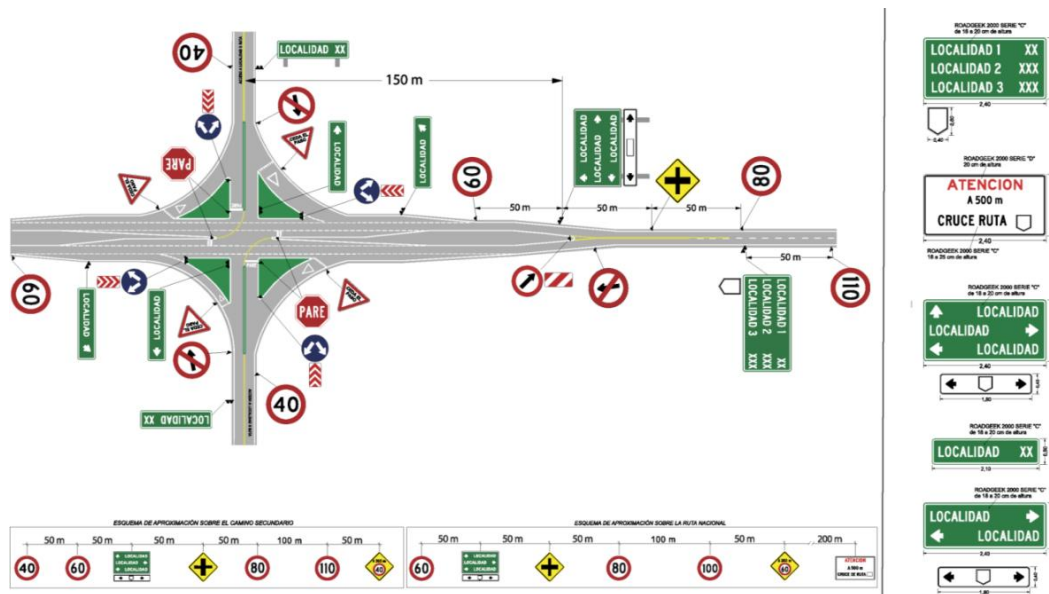


Imagen 7.15: croquis de una intersección canalizada. – (Fuente: manual de señalización vertical - DNV).

Capítulo 8

SEÑALIZACIÓN

8.1 SEGURIDAD VIAL

Para los caminos rurales, por sus condiciones particulares de diferentes tipos de tránsito, de suelos, uso de la vía, topografía y diseños entre otras, sugieren las siguientes condiciones mínimas de seguridad vial:

1. Correcto afirmado de la calzada.
2. Señalización vertical.
3. Sistema de contención de cabeceras de alcantarillas, puentes y obstáculos peligrosos.
4. Iluminación de caminos.
5. Control de animales.
6. Control de velocidades.
7. Interacción entre los servicios de emergencias concurrentes a los siniestros.
8. Recolección de datos de siniestralidad.

8.2 SEÑALIZACIÓN

Las señales viales son medios físicos cuyas funciones son:

- Indicar a los usuarios la forma correcta y segura de transitar por la vía.
- Brindar información precisa de los obstáculos y condiciones en que se encuentra la vía.
- Transmitir órdenes, advertencias, indicaciones u orientaciones.

El proyecto de señalamiento ha sido realizado siguiendo los lineamientos insertos en el anexo L de la ley nacional de tránsito N°24.449.

El señalamiento propuesto se divide:

8.2.1 SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

El señalamiento horizontal, debe brindar información clara, precisa e inequívoca, estando destinado a transmitir al usuario de la vía pública órdenes, advertencias, indicaciones u orientaciones mediante códigos comunes en todo el país y coherente con los utilizados en la región. Estos son elementos de señalización situados en la superficie de rodamiento de una vía y pueden ser longitudinales, transversales o signos.

8.2.1.1 PINTURA A EMPLEAR

La pintura deberá cumplir con Norma IRAM 1221 Edición mayo de 1992, CNA8010. Para ello las microesferas de vidrio deberán ser adicionadas en dos etapas:

1) Incorporadas a la pintura antes de su aplicación (Tipo PREMIX) a razón mínima de 200 g/l de pintura.

2) Sembradas por aspersión inmediata después de aplicada la pintura (Tipo DROP-ON) a razón mínima de 220 g/m².

Tabla 8.1: tabla reglamentaria para microesferas de vidrio en la pintura. – (Fuente: DNV).

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODOS DE ENSAYOS
Granulometría de las esferas a incorporar pasaje por:				
TAMIZ IRAM 180 (N°80)	%	90	100	IRAM 1221
TAMIZ IRAM 105 (N°140)	%	10	55	IRAM 1221
TAMIZ IRAM 62 (N°230)	%	0	10	IRAM 1221
Índice de refracción	-	1,5	-	IRAM 1212
Esferas perfectas	%	70	-	IRAM 1212 - IRAM 1221
Granulometría de las esferas a sembrar, pasaje por:				
TAMIZ IRAM 590 (N°30)	%	90	100	IRAM 1221
TAMIZ IRAM 180 (N°80)	%	0	10	IRAM 1221

8.2.1.2 PROCEDIMIENTO A REALIZAR

Luego de realizado el replanteo de la señalización, se procederá a la preparación de la superficie en la cual se realizará la demarcación. Esta tarea consiste en raspar, cepillar, soplar y secar dicha superficie, a efectos de lograr la eliminación de toda materia extraña de la calzada. Al momento de aplicar la pintura la temperatura ambiente deberá oscilar entre 5° C y 45°C y el espesor de la pintura después de la aplicación, medido en estado, húmedo debe ser como mínimo de 0,6 mm.

La pintura debe ser aplicada de tal forma que no sea necesaria una nueva aplicación para atender al espesor especificado. El ancho de las franjas no presentará variaciones

superiores de 5% en más o menos y si las hubiera dentro del porcentaje indicado, éstas no se manifestarán en forma de escalones que sean apreciables a simple vista. Cuando se pinten dobles franjas en el eje de la calzada las mismas mantendrán el paralelismo, admitiéndose desplazamientos que no excedan de 0,02 m cada 100 m.

La variación del paralelismo dentro de los límites indicados no será brusca a fin de que no se noten a simple vista. El paralelismo entre las líneas centrales y bordes de calzadas o demarcaciones de carriles, no tendrá diferencia en más o menos, superiores al 5% del semiancho de la calzada por kilómetro. En virtud de las variaciones que suelen producirse en los anchos de pavimentos, previo a la determinación de cada uno de los carriles, se efectuarán mediciones con la suficiente frecuencia para fijar la medida más conveniente, a fin de evitar cambios de alineación considerable, o la posibilidad que las líneas laterales queden muy al borde de la calzada.

Entre el borde exterior de la línea lateral y el borde del pavimento, la distancia promedio deberá ser de 0,10 m, no resultando nunca inferior a 0,05 m. La franja no presentará ondulaciones ni cualquier otra anomalía proveniente de la aplicación del material.

Las esferas de vidrio se distribuirán sobre la pintura recién aplicada y antes de su endurecimiento, a los efectos de lograr la adherencia en aquella.

La distribución deberá resultar uniforme de modo que la superficie de la franja quede cubierta en toda su longitud. La aplicación se hará a presión proyectándolas directamente sobre la franja pintada mediante un sistema que permita retener como mínimo el 90% de las esferas arrojadas.

La retrorreflectorización inicial de la señalización es producida por la aplicación de microesferas de vidrio tipo DROP-ON. La retrorreflectancia inicial mínima de la señalización deberá ser de 140 microcandelas/lux por m².

La pintura aplicada deberá ser protegida, durante el tiempo de secado, cerca de 30 minutos, de todo tráfico de vehículos, así como de peatones.

8.2.1.3 DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN BAJO NORMATIVA DE LA DNV

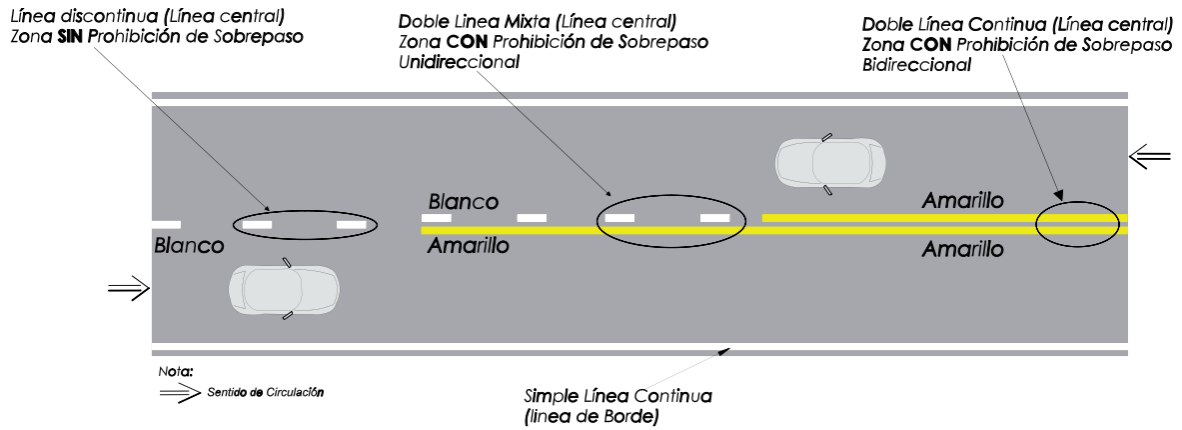


Imagen 8.1: esquema de patrones básicos. – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento horizontal).

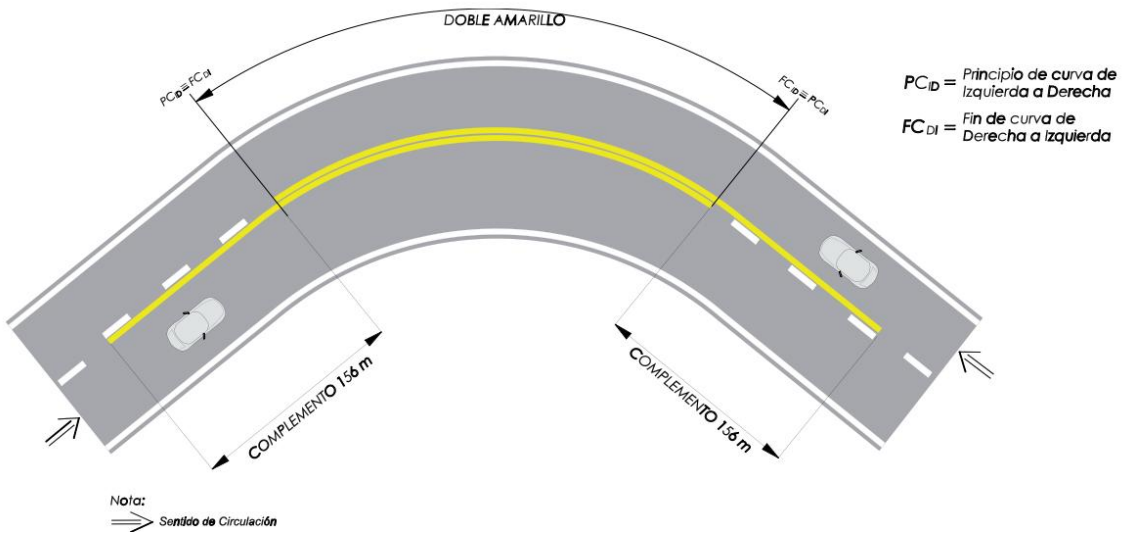
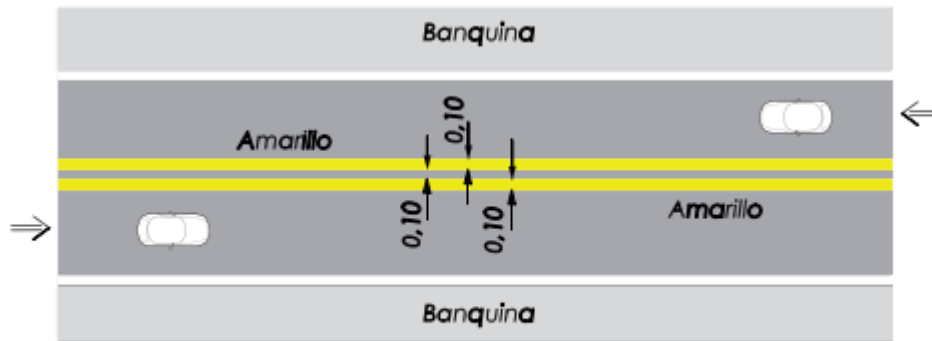


Imagen 8.2: esquema de patrones básicos en curva horizontal. – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento horizontal).

Tabla 8.2: ancho de líneas longitudinales. – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento horizontal).

ANCHO TOTAL DE CALZADA	BORDE	EJE
En carreteras de dos carriles indivisos		
< 4,80 m	No se marcan ^[7]	No se marca
≥ 4,80 m Y < 6,00 m	No se marcan	0,15 m ^[8]
≥ 6,00 m Y < 6,30 m	0,10 m	0,15 m ^[8]
≥ 6,30 m Y < 6,70 m	0,10 m	0,10 m ^[9]
≥ 6,70 m Y < 7,30 m	0,15 m	0,10 m ^[9]
≥ 7,30 m	0,15 m	0,15 m ^[10]
En carreteras multicarril		
ANCHO TOTAL DE CALZADA	BORDE	EJE
Indivisas	0,20 m ^[11]	0,15 m ^[12]
Semiautopista o Autovía	0,20 m ^[13]	0,15
Autopista	0,20 m ^[14]	0,15



Caso III: Ruta con ancho de calzada mayor o igual a 6,30 m y menor a 7,30 m
Detalle Línea Central.

Imagen 8.3: ancho de líneas longitudinales. – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento horizontal).

La zona de prevención adelantada (ZPA), constituye un alerta o preaviso de que el conductor se aproxima a una zona de riesgo potencial. Su dimensión surge del análisis típico de la distancia de anticipación de una señal vertical preventiva según la práctica usual de la DNV y que es común a todas las rutas en zona rural.

El análisis de la zona de prohibición de sobrepaso (ZPS) se hace independientemente según sea el sentido de circulación considerado. Del resultado de ese análisis surgen los distintos

patrones de líneas dobles; esto es, doble línea continua, o doble línea mixta. La distancia de visibilidad de sobrepaso mínima depende de la velocidad directriz considerada.

Tabla 8.3: distancias de visibilidad mínimas. – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento horizontal).

Kilómetros por hora	Distancia de visibilidad mínima en metros	Nº de módulos
50	156	13
65	180	15
80	240	20
100	300	25
115	360	30

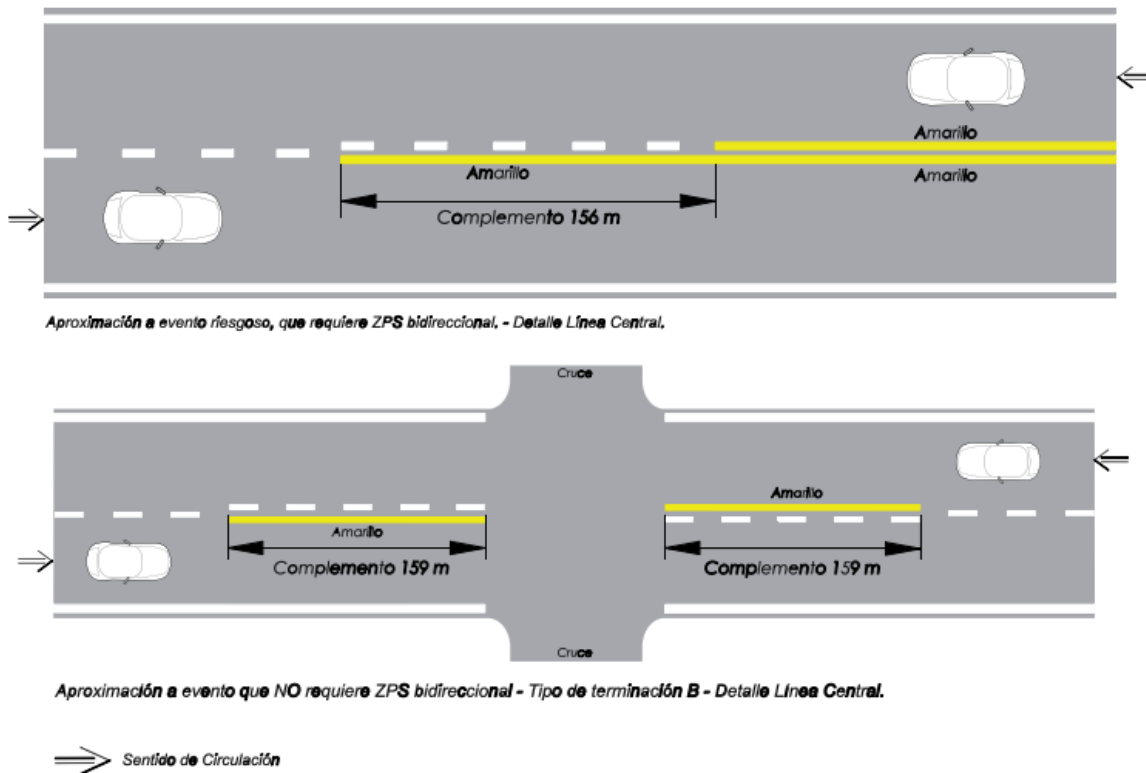


Imagen 8.5: con prohibición de sobrepaso (ZPS). – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento horizontal).

8.2.2 SEÑALAMIENTO VERTICAL

Las señales verticales responden a una diagramación predefinida y una codificación que responden a todo un sistema de comunicación especialmente de carácter vial, a los efectos de ser rápidamente entendidos por los usuarios.

8.2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES VERTICALES

Dentro de ese sistema de comunicación se encuentra la asociación formato-color-mensaje que responde a los siguientes parámetros:

- Blanco con orla de color rojo o componente en rojo, señal a la que se debe prestar mucha atención. Son: reglamentaria de prohibición o de restricción (cuando son circulares); de prioridad, (octogonales o triangulares con base superior) o preventivas que advierten máximo peligro (triangulares con base inferior, Cruz de San Andrés o paneles de prevención)
- Amarillo. Son de carácter preventivo.
- Verde o Azul. Son informativas o preventivas.

- Naranja. Son utilizadas para señalización provisoria, por ejemplo, señales de desviación por obras viales en construcción.

Las señales pueden identificarse a la distancia a través de los dos códigos mencionados:

- Por su código de forma (cuadrado, círculo, triángulo o rectángulo).
- Por su código de color (cuyo nivel o intensidad relacionada con la peligrosidad responde a los utilizados en los semáforos).

POR SU FORMA								
CUADRADO <small>CON DIAGONAL EN VERTICAL</small> PREVIENE		CÍRCULO REGLAMENTA		RECTÁNGULO INFORMA				
POR SU COLOR								
 PREVIENE O ADVIERTE POTENCIAL PELIGRO	 PREVIENE UN POTENCIAL PELIGRO EN ZONA DE OBRA	 PROHIBE, RESTRINGE U OBLIGA	 OBLIGA	 PERMITE	 INFORMA INSTITUCIONAL HISTORICO Y DE SERVICIO	 INFORMA DESTINOS O ITINERARIOS	 INFORMA ANUNCIOS ESPECIALES	 EDUCATIVOS
FORMAS Y COLORES SINGULARES								
<small>OCTOGONO CON LEYENDA 'PARE'</small> OBLIGA A PARAR Y A CEDER EL PASO	<small>TRIANGULO EQUILÁTERO CVÉRTICE HACIA ABAJO</small> OBLIGA A CEDER EL PASO	<small>TRIANGULO EQUILÁTERO CVÉRTICE HACIA ARRIBA</small> ADVERTENCIA DE MÁXIMO PELIGRO	<small>RECTÁNGULO EN VERTICAL</small> PANELES DE PREVENCIÓN	<small>CRUZ DE SAN ANDRÉS</small> CRUCE FERROVIARIO				

Imagen 8.6: código de señales verticales. – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento vertical).

8.2.2.2 MATERIAL A UTILIZAR

Placas metálicas

- Placas de acero galvanizado: tendrán 2 mm de espesor, y deberán responder a la norma IRAM IAS-U-500-214:2002, recubrimiento Z275. Las placas no deberán presentar ningún tipo de abolladura, oxidación, pintura, ralladura, soldadura o cualquier otra imperfección que pueda afectar la superficie lisa de ambas caras. Los cantos deberán estar perfectamente terminados, sin ningún tipo de rebabas. Asimismo, las esquinas deberán ser redondeadas en todos los casos con un radio de curvatura de 40 a 60 mm en las señales laterales, según su tamaño.
- Placas de aluminio: ideales por su resistencia y liviandad e imprescindibles para emplazamientos en zonas de alto nivel de salinidad, por su resistencia a la oxidación, debiéndose aplicar en estas últimas circunstancias, un anodizado mínimo de 25μ.

Deberán 3 mm de espesor y responder a las condiciones de dureza establecidas en la aleación 5052-H38/H36/H34, de acuerdo a las especificaciones técnicas. Al igual que las placas de galvanizado, no deberán presentar ninguna alteración en sus caras que perjudiquen la aplicación de los tratamientos posteriores. No se admitirán rebabas en sus cantos, siendo el radio de curvatura exigido para sus esquinas entre 40 a 60 mm en las señales laterales, según su tamaño. En señales aéreas es obligatorio el uso de chapa de aluminio de 3 mm de espesor.

Soportes

Los postes para señales laterales serán de madera dura, astillable, las escuadrías usuales son: 3"x3" y 4"x 4". Las Especificaciones Técnicas indicarán especies a utilizar, aspectos visuales de terminación, forma de colocación y tratamiento a darle a la madera. Las columnas a utilizar para la colocación de las señales aéreas serán de acero para la construcción nueva de primera selección como también las características de acabado de todos los elementos ferrosos de las bases.

Láminas retrorreflectivas

Todas las señales viales deben ser visibles en cualquier momento del día y bajo toda condición climática, por ello se confeccionan con materiales apropiados y procedimientos que aseguran su retrorreflexión. Esta propiedad permite que sean visibles a la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa.

8.2.2.3 SEÑALES DE PREVENCIÓN PARA EL PROYECTO

Las señales que se utilizan como elementos de advertencia o precaución ante configuraciones de las vías no todas son aplicables en caminos rurales con afirmado natural, a continuación, se detallan de manera clasificada las siguientes a usar:

- Señales de prevención: alertan sobre la proximidad de una circunstancia o variación de las condiciones de la vía, que puede resultar sorpresiva o peligrosa para el conductor.



Imagen 8.7: señalamiento vertical de prevención. – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento vertical).

- Señales transitorias: son señales que advierten acerca de la ejecución de trabajos de construcción y mantenimiento de la vía. Estas señales son de color anaranjado e indican los cambios ocasionales en la vía, o la presencia de trabajadores y maquinarias en la misma.



Imagen 8.8: señales transitorias. – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento vertical).

- Señales de restricción: indican limitaciones o prohibiciones impuestas por leyes y ordenanzas. Sirven para limitar, obligar o prohibir determinadas situaciones en el tránsito, instruir al conductor sobre cómo proceder en uno u otro caso. Transmiten órdenes específicas de cumplimiento obligatorio en el lugar en que estén ubicadas.



Imagen 8.9: señales reglamentación/restricción. – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento vertical).

- Señales de información: están destinadas a identificar, orientar y hacer referencia a lugares, servicios o cualquier otra información útil para el viajero.



Imagen 8.10: señales de información. – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento vertical).



Imagen 8.11: esquema para caminos con TMDA<500. – (Fuente: DNV- Manual de señalamiento vertical).

Capítulo 9

DISEÑO

ESTRUCTURAL

9.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se propondrá el diseño estructural de la ruta provincial N°7 (RP7), en el tramo comprendido entre la ruta nacional N°16 (RN16) y la ruta provincial N°13 (RP13).

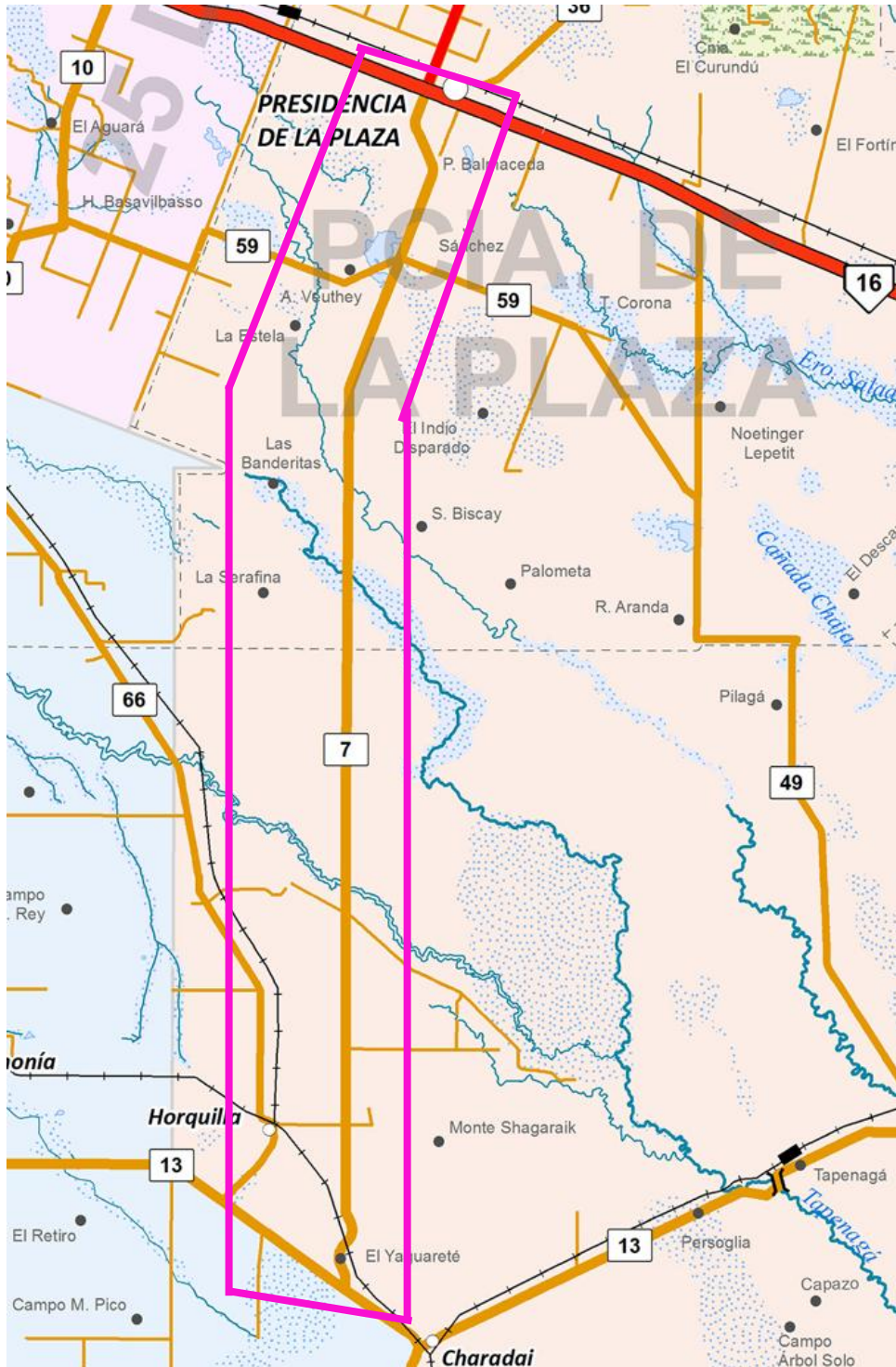


Imagen 9. 1: ubicación del tramo de la RP7 en estudio. - (Fuente: DVP, Chaco, 2022).

Las premisas para lograr satisfacer las necesidades del cálculo estructural, serán lograr la ejecución de un pavimento flexible, de bajo presupuesto y que mantenga su nivel de servicio a lo largo de la vida útil proyectada.

Para llevar adelante el cálculo, se utilizarán como datos los valores analizados en capítulos anteriores, como ser tránsito, suelos (valor soporte, resistencias, etc.) y materiales a utilizar (agregados).

9.2 CONSIDERACIONES GENERALES

El diseño y cálculo del paquete estructural flexible se realizará siguiendo las especificaciones de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transporte (AASHTO).

La estructura, estará conformada por las siguientes capas:

- Capa superficial: tratamiento bituminoso triple.
- Base: estabilizado granular con cemento.
- Subbase: suelo-cal.

Los espesores y características resistentes se determinarán más adelante, a medida que se desarrolla el cálculo.

Es importante aclarar, que la capa superficial no brindará un aporte estructural. Todas las cargas serán resistidas por las capas inferiores (base y subbase).

9.3 CRITERIO DE DISEÑO ESTRUCTURAL

El perfil estructural propuesto deberá ser capaz de resistir las cargas generadas por el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) de diseño. El mismo se compone de:

- TMDA propio de la RP7.
- TMDA derivado de las rutas que convergen en el tramo.
- TMDA inducido por las mejoras que ofrece la pavimentación.

La proyección de cálculo será para una vida útil de 5 años. Si bien el horizonte que se utilizó para determinar el TMDA de diseño, como se explica en el Capítulo 4 (“Tránsito”), fue de 10 años, se considera que a partir del quinto año de servicio es apropiado evaluar estado en que se encontrará la estructura, para analizar la posibilidad de completar el paquete estructural (base de concreto asfáltico y carpeta de rodamiento),

o bien, tomar medidas para que la pérdida de serviciabilidad no impida la utilización de la ruta.

9.3.1 MÉTODO AASHTO

La normativa AASTHO posee un método empírico en el cual influyen variables, como TMDA, calculando así los ejes equivalentes para el periodo de diseño, variables de la subrasante obtenidas por medio de ensayos de laboratorio para determinar parámetros como el valor soporte, límites de Atterberg además de confiabilidad, drenaje, entre otros factores necesarios para identificar un “Número estructural (SN)” para el pavimento, que pueda soportar el nivel de carga solicitado.

Para determinar el número estructural, el método relaciona los ejes equivalentes de 8,2tns (18 kips) que puede soportar una estructura, representada por un número adimensional denominado número estructural (SN) tal que la subrasante de apoyo de esa estructura no sufra deformaciones verticales permanentes superiores a las admisibles durante la vida útil proyectada mediante la siguiente formula general:

$$\log W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^5}}$$

- **logW₁₈**: El logaritmo del número de ejes equivalentes de 18 kip (80 kN) que pasarán sobre el pavimento.
- **Z_r**: La puntuación Z correspondiente al nivel de confiabilidad elegido para el diseño.
- **S_o**: El error estándar combinado de las predicciones de tráfico y comportamiento estructural.
- **SN**: El número estructural de diseño, que se puede expresar en pulgadas para el pavimento flexible.
- **ΔPSI**: La diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial (PSI) y el índice de serviciabilidad final (PSI).

Para el cálculo del número estructural requerido se emplearán gráficos provistos por el método y para determinar el número estructural de diseño que satisfaga la ecuación

y sea superior al SN necesario, se determinará mediante la sumatoria de los SN_i que aportará cada capa constitutiva de la estructura se ocupara la siguiente ecuación:

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

Donde:

a= Coeficiente estructural.

D = espesor de la capa considerada.

m = Coeficiente de drenaje.

Se debe cumplir que:

$$SN_{\text{diseño}} \geq SN_{\text{requerido}}$$

9.3.2 DETERMINACIÓN DE EJES EQUIVALENTES

En el método AASHTO los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos de cálculo, se los transforma en un número equivalente de ejes tipo de 80 kN o 18 kips. Se los conoce como ESAL (“equivalent simple axial load”).

Para el caso de la RP7, en cuanto a la composición vehicular, se trabajó teniendo en cuenta el tránsito propio del tramo en estudio, además de los derivados que acometen al camino, para así lograr una distribución representativa de los tipos de vehículos que transitarán la ruta a lo largo del período de diseño.

Tomando en cuenta los censos realizados tanto por la DNV como por la DVP, se obtuvieron los siguientes porcentajes:

Tabla 9. 1: porcentajes de distribución de tipos de vehículos. - (Fuente: elaboración propia)

Ruta	Tramo	Tipo de vehículo					Total
		Livianos	Ómnibus	S/A	C/A	Semi	
RN11	Vera El Pintado - Vera	57,9	4,54	5,8	16,38	15,39	100
RN16	Acc. La Escondida - Machagai	73,5	2,3	8,1	8,3	7,8	100
RP13	Cote-Lai - Haumonia	85,31	0	8,5	2,65	3,55	100
RP7	Colonias Unidas - P. de la Plaza	77,4	0	7,17	12,19	3,2	100
RP7	RN16 - RP13	92,3	0	1,54	4,62	1,5	100
Promedio	RN16 - RP13	77,3	1,4	6,2	8,8	6,3	100

Para proceder con el cálculo de ESAL se adoptará la distribución obtenida como el promedio de las consideradas en el análisis.

Una vez obtenidos los porcentajes de distribución, la DNV plantea un método para uniformizar el tránsito, convirtiéndolo en repeticiones de ejes equivalentes de 8,2 t:

$$T_{8,2t} = F_d \times F_c \times C \times 365 \times TMDA$$

Donde:

$T_{8,2t}$: repeticiones de eje equivalente de 8,2 t.

F_d : factor de distribución direccional, tiene en cuenta el porcentaje de vehículos en cada dirección. Para el tramo se ha seleccionado el factor 0,5 (50% de vehículos para cada lado).

F_c : factor de distribución por carril. Se tiene en cuenta en los casos que la carretera en estudio tenga más de un carril por sentido de circulación. Se toma, para el caso, el factor 1.

C : factor de conversión de ejes mixtos a ejes de 8,2 t.

365: días del año.

TMDA: tránsito medio diario anual de diseño.

Los valores del factor C se encuentran tabulados por la DNV y se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 9. 2: factores de equivalencia (C) de ejes de 8,2 t por tipo de vehículos. – (Fuente: DNV Mendoza, 2021).

TIPO DE VEHÍCULOS	Cantidad de ejes / veh.	Factor "C" / ejes/DNV (1)	Ejes de 10 t / vehículo	Ejes de 8,2 t / vehículo (2)
Autos y camionetas 1.1	2	0,01	0,02	0,044
Ómnibus 1.1	2	0,07	0,14	0,308
Camiones sin acoplado	1.1	0,60	1,20	2,640
	1.2	0,38	1,14	2,508
Camión con acoplado	1.1-1.1	0,60	2,40	5,280
	1.1-1.2	0,39	1,95	4,290
Semirremolques	1.1.1	0,54	1,62	3,564
	1.1.2	0,45	1,80	3,960
	1.1.3	0,41	2,05	4,510
	1.2.2	0,35	1,75	3,850
	1.2.3	0,31	1,86	4,092

Notas: (1) Para ejes de 10 t,
(2) Ejes de 8,2 t = 2,2 x Ejes de 10 t (para pavimento flexible).

El factor C permite determinar el Fe (factor de eje), necesario para calcular el ESAL.

Utilizando una planilla de cálculo tipo (ver tabla N.3), elaborada por la DNV, se prosigue con el cálculo y se determina el número de ESAL (N):

Tabla 9. 3: planilla de cálculo para determinar el ESAL. - (Fuente: DNV).

CALCULO DE N					
EJES EQUIVALENTES DE 8,2 t y 18.000 Lbs.					
RUTA PROV. N°	7		PROVINCIA : CHACO		
TRAMO :	RN16 - RP7				
SECCIÓN :	III				
TIPO DE VEHICULO	DISTRIBUCION DE EJES	Nº DE EJES (1)	% DE CADA TIPO DE VEHICULOS (2)	FACTOR "C" (3)	(1) * (2) * (3) / 100
Automóviles	1.1	2	77,30	0,010	0,015
Jeeps					
Carrionetas					
Omnibus	1.1	2	1,40	0,070	0,00196
CAMIONES SIN	1.1	2	5,20	0,600	0,062
ACOPLADOS	1.2	3	1,00	0,380	0,0114
CAMIONES CON	1.1- 1.1	4	2,00	0,600	0,048
	1.1 - 1.2	5	6,80	0,390	0,133
ACOPLADOS	1.2 - 1.1	5	0,00	0,470	0,000
	1.2 - 1.2	6	0,00	0,320	0
SEMI REMOLQUES	1.1.1	3	0,00	0,540	0,000
	1.1.2	4	0,00	0,450	0,000
	1.1.3	5	6,30	0,410	0,129
	1.2.2.	5	0,00	0,350	0
			100,00	Fe =	0,4010
VIDA UTIL EN AÑOS =	5		TMDA inicial 2028 =		336
ÚLTIMO AÑO DEL TMDA CONOCIDO =	2028		TMDA 2028 * (a)		
TMDA CONOCIDO =	336		Coeficiente (b)		1,15927
			Factor de crecimiento en la vida útil		
AÑO DE INAUGURACIÓN =	2028		TMDA Final (TMDA inicial * (b)		390
Nº de Años para determinar el coef. (a)	0				
Año de inauguración - Año TMDA conocido	0				
Coeficiente (a)	1,0000		Factor por número de trochas (Fn)		1
Crecimiento para el año de inauguración	1,0000				
TASA DE CRECIMIENTO =	0,03		Nº DE EJES EQUIVALENTES 80 KN (8,2 toneladas)		
N = 0,50 * [(TMDA Final + TMDA Inicial) / 2] * 365 * Fe * Fn * 2,2 * vida útil					292.001,10

Se obtiene como resultado el número de ESAL, N:

N = 292.001,1 ESALs.

9.3.3 DATOS DE ENTRADA PARA EL CÁLCULO

9.3.3.1 PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD: (Δ PSI)

La calidad de la superficie de rodamiento, medida a través del Índice de Serviabilidad Presente (PSI) se reducirá desde un valor inicial elevado para la obra nueva (que adoptamos igual a 4,2) hasta una serviabilidad final (que se establece en 2) al término de la vida útil prevista para el proyecto.

Estos valores se adoptan siguiendo las recomendaciones del método AASHTO, para pavimentos flexibles de caminos de menor tránsito.

$$\Delta\text{PSI} = 4,2 - 2 = 2,2$$

9.3.3.2 CONFIABILIDAD (R):

Con el objeto de incrementar la probabilidad de alcanzar, por parte de la estructura, el cumplimiento de la vida útil prevista de 5 años, fijamos un coeficiente de confiabilidad de diseño de 75% (Ver Tabla 9.4), por tratarse de una ruta provincial en zona rural.

$$R = 75\%$$

Tabla 9. 4: valores de confiabilidad. - (Fuente: AASHTO, 1993).

En la tabla 6.4 se dan niveles de confiabilidad aconsejados por AASHTO.

Tabla 6.4

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99,9	80-99,9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

- TRÁNSITO DE DISEÑO

Determinado con anterioridad (ver Tabla 9.3):

$$N = 292.001,1 \text{ ESALs.}$$

9.3.3.3 MODULO RESILIENTE (MR) DE LA SUBRASANTE

De los estudios de suelo detallados en el capítulo 3, “Suelos y materiales”, se obtuvo como dato que el valor soporte (CBR, “California Bearing Ratio”) promedio de los suelos estudiados es de 6% (ver Tabla 3.1).

Para el cálculo, se adoptó un CBR de la subrasante de 6 %, tomándose para la determinación del MR el ábaco de la Imagen N.2.

MR = 6800 psi

Otra forma de obtener el valor del MR, es trabajar con la fórmula de la página 11, capítulo 4 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

$MR = B \times CBR$

Este valor está desarrollado si el CBR < 10 %, en donde B = 1500, pero este valor puede variar entre 750 y 3000, para un MR en psi, según la Imagen N.3

En nuestro caso como tenemos un CBR = 6 %, implica que:

$MR = 1500 \times 6$

$MR = 9000 \text{ psi}$

ADOPTAMOS PARA EL CÁLCULO MR = 9.000 psi

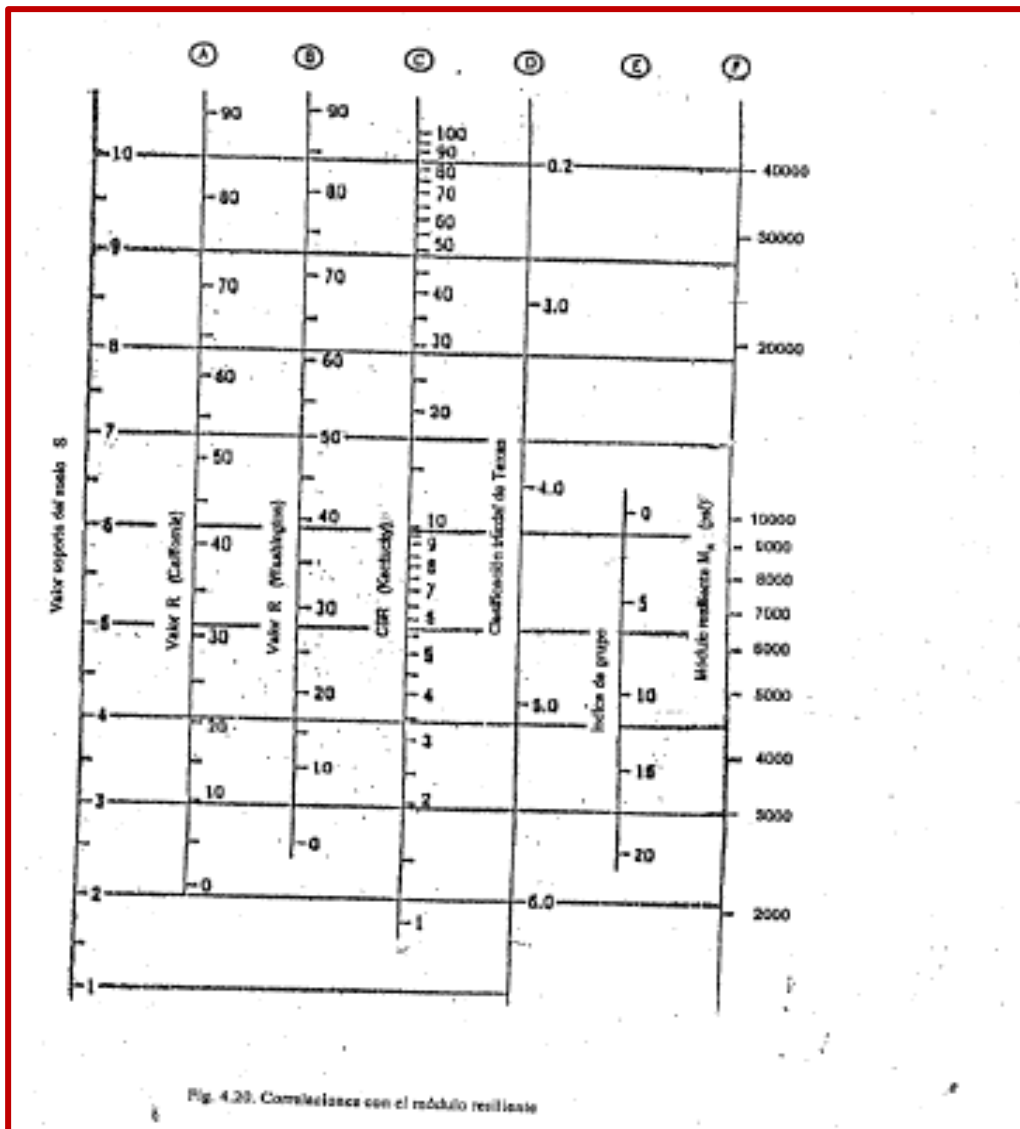


Imagen 9. 2: ábaco para determinar el MR en función del CBR. - (Fuente: AASHTO, 1993).

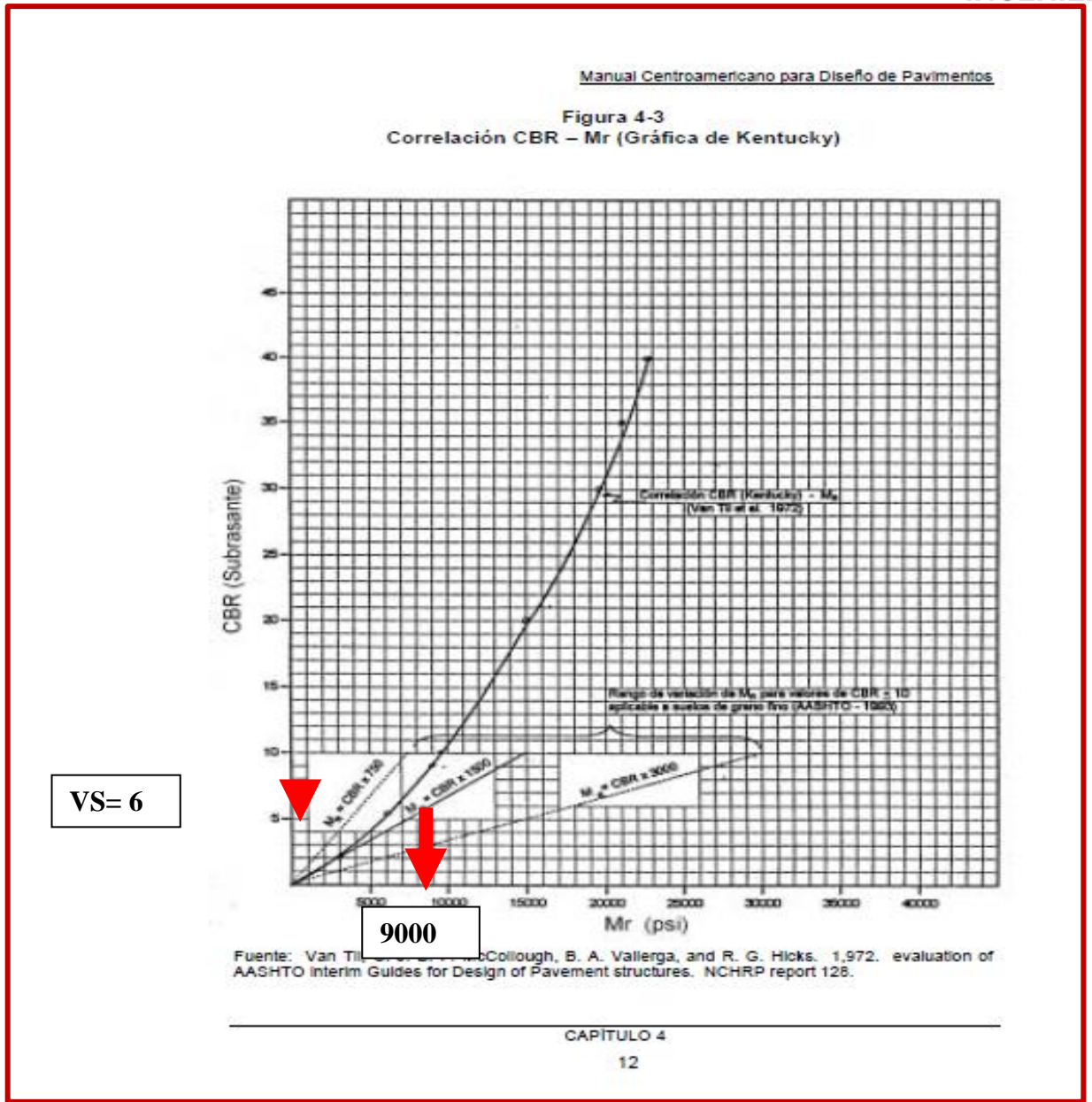


Imagen 9. 3: ábaco para determinar el MR en función del CBR. - (Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, ed. 2002).

9.3.3.4 DESVÍO ESTÁNDAR (So)

El desvío estándar es una medida de la variabilidad de los datos y su desvío respecto al valor medio. El método AASHTO recomienda para pavimentos flexibles nuevos, adoptar un valor dentro del entorno comprendido entre 0,44 y 0,49.

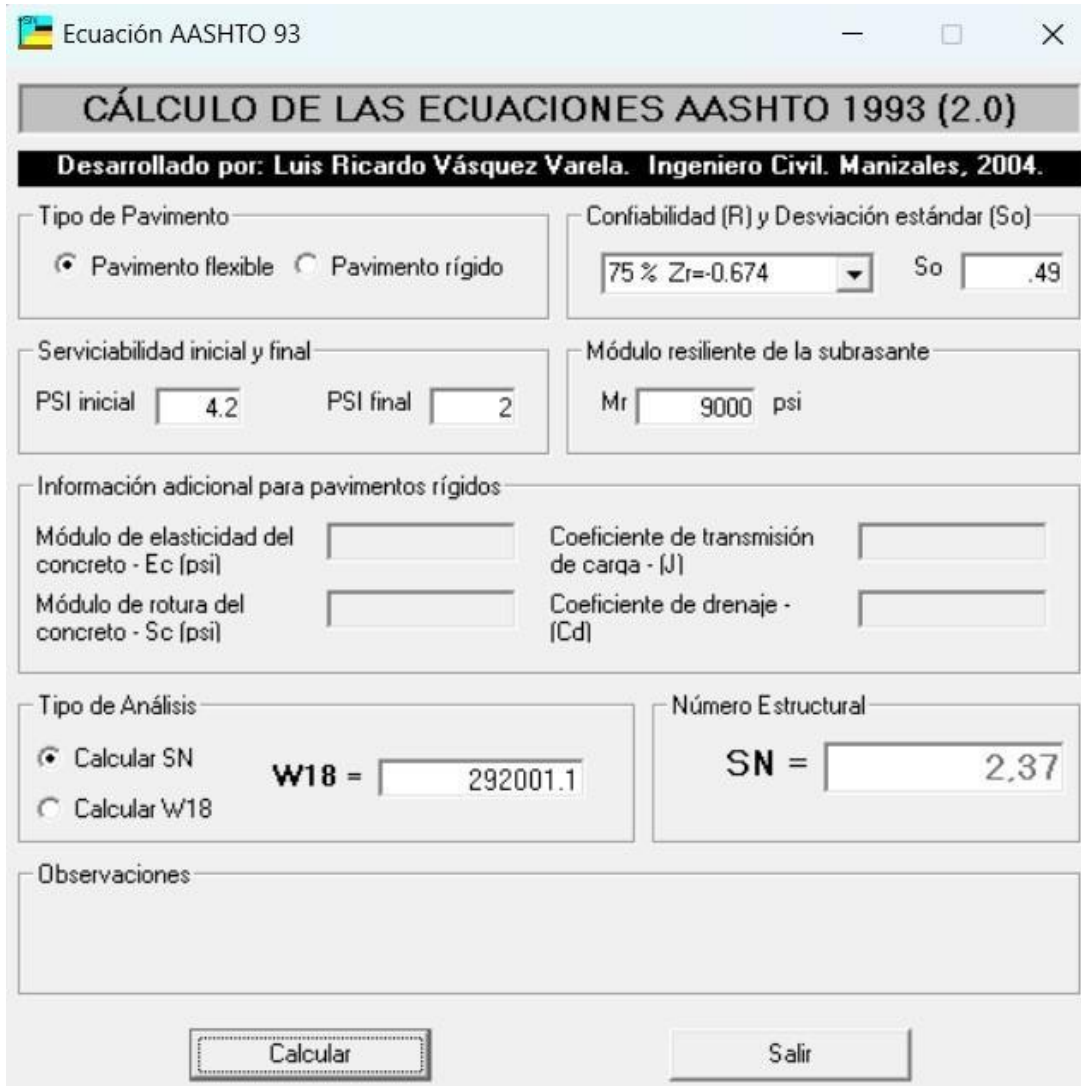
Para nuestro caso adoptamos:

$$So = 0,49$$

Este valor considera errores en el tránsito, por lo que se adecúa mejor al cálculo de la ruta, ya que se utilizan valores de tránsito proyectado.

9.3.4 CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL NECESARIO (N)

Utilizando el Nomograma de cálculo con los datos de entrada definidos se obtiene el número estructural necesario, utilizando el programa de cálculo de la AASHTO y a través del nomograma de la misma entidad (ver Imagen 9.4 y 9.5).



CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)
 Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 75 % $Z_r = -0.674$ So

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial PSI final

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)
 Coeficiente de drenaje - (C_d)

Tipo de Análisis
 Calcular SN Calcular W18

Número Estructural
 SN =

W18 =

Observaciones

Imagen 9. 4: cálculo del N necesario utilizando el programa de cálculo de la AASHTO. - (Fuente: elaboración propia).

El número estructural necesario resulta: **N = 2,37**

Se resuelve:

$$\log W_{18} = Z_{R,S_0} + 9.36 \lg(SN+1) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Fig.8.1. Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles

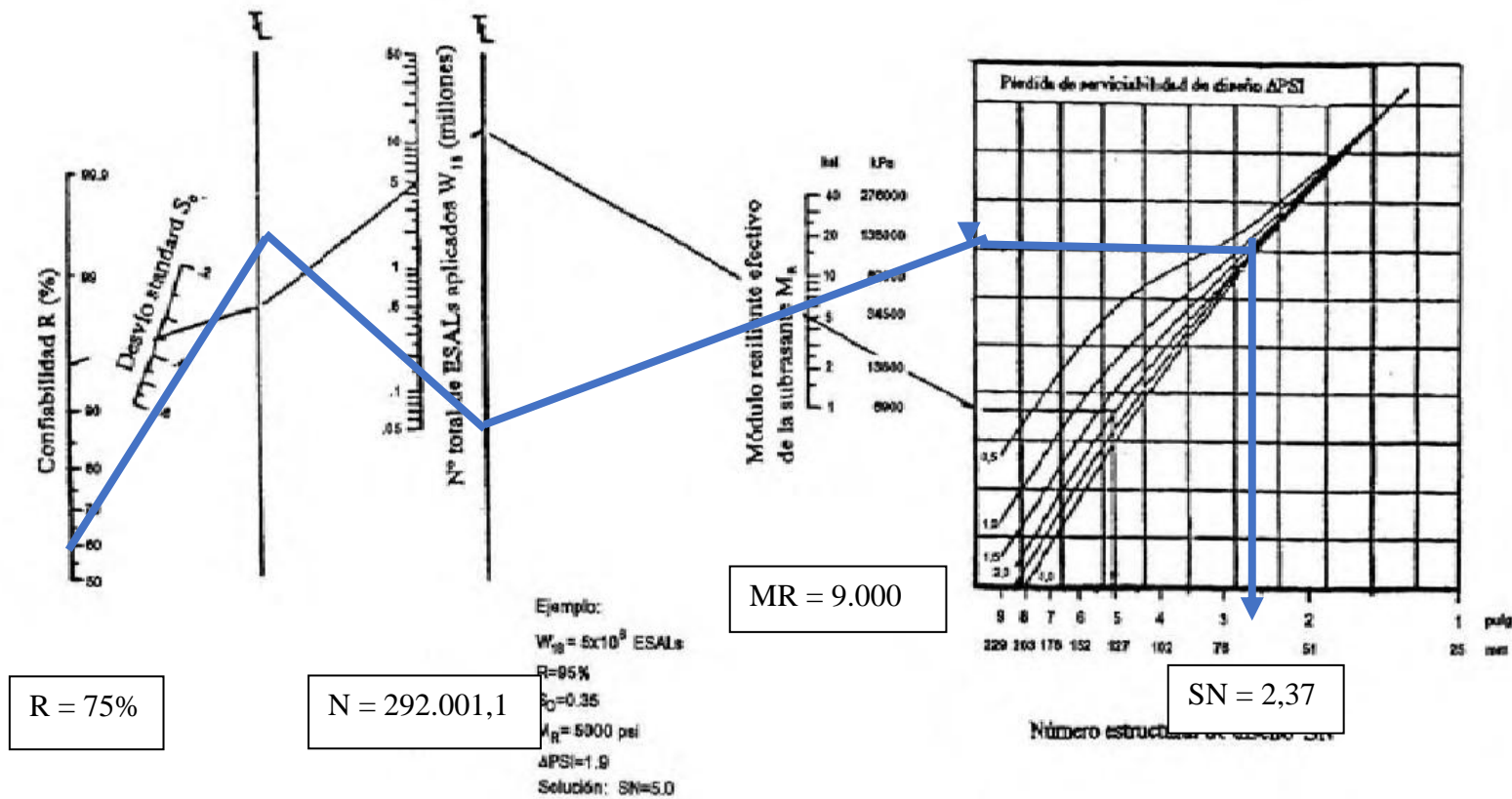


Imagen 9.5: ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles. - (Fuente: AASHTO, 1993).

9.3.5 NÚMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO (SN)

Como se dijo en N.3.1, el SN de diseño debe ser mayor que el N necesario, para que la estructura resista las cargas durante su vida útil.

El SN de diseño responde a la ecuación:

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

Donde:

a = coeficiente estructural.

D = espesor de la capa considerada.

m = coeficiente de drenaje.

En el caso de nuestra ruta, solo contaremos con dos capas estructurales, ya que la capa de rodamiento se materializará con un tratamiento triple, con aporte estructural nulo. Por lo que la ecuación anterior queda:

$$SN_{\text{diseño}} = a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3.$$

9.3.5.1 COEFICIENTES DE CAPA (ai):

El aporte estructural de los diferentes materiales a emplear en la estructura del pavimento queda definido por el coeficiente de capa ai, que se les asignó en función de sus características y sobre la base de criterios y correlaciones de AASHTO y experiencia de estructuras en servicio:

Subbase de Suelo-Cal: se trata de suelos con comportamientos satisfactorios cuando se le incorpora un porcentaje en capas de subbase, la manera de controlar una capa de Subbase de suelo-cal, es en función de la resistencia a la compresión simple inconfiada de la probeta compactada de Suelo-Cal, a los 7 días de curado. Esta Resistencia debería ser mayor a 7 kg/cm².

Se adoptó una resistencia a la compresión simple inconfiada > 9 kg/cm² (120 psi), al que corresponde según la Imagen N.6 (color azul):

$$a_3 = 0,115/\text{pulg.} = 0,045/\text{cm}$$

Base de estabilizado granular con cemento: el estabilizado granular con un material triturado en un mínimo de 90 % de la composición de la mezcla, con valores soporte superiores como mínimo a 100 %. Además, se le agrega como material aglomerante, un porcentaje tal de cemento que le brinde una resistencia a la compresión simple de 20 kg/cm² (285 psi) (ver Imagen N.6, color rojo)

$$a_2 = 0,14/\text{pulg.} = 0,06/\text{cm}$$

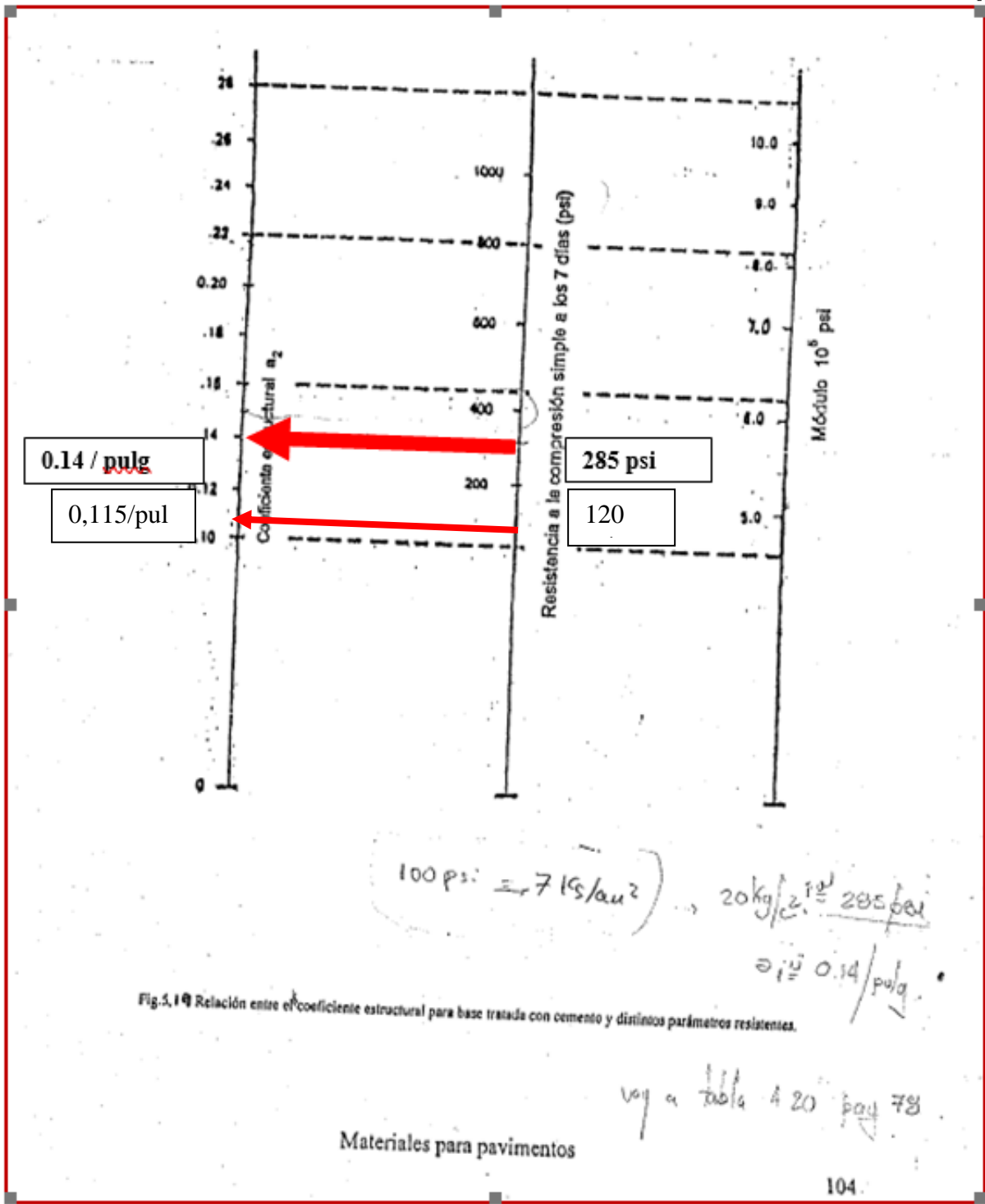


Imagen 9.6: ábalco para determinar los coeficientes a_i . - (Fuente: AASHTO, 1993).

9.3.5.2 COEFICIENTE DE DRENAJE (mi):

La calidad del drenaje se establece por estimación de la capacidad de reducción de humedad de las capas de base y/o subbase a partir de un estado de saturación (ver Imagen N.7).

Para las capas granulares, adoptaremos la calidad “buena” y para la subbase de suelo-cal, regular.

El porcentaje del año en que el pavimento estará expuesto a condiciones de saturación depende de las características geométricas y de desagüe del diseño (especialmente la altura de la rasante) y de las condiciones climáticas locales.

En nuestro caso, se contará con adecuada altura de la rasante proyectada, teniendo en cuenta además que no existen aguas permanentes en la zona de influencia del proyecto y las precipitaciones anuales de la zona. Se considera que las capas granulares pueden estar expuestas a condiciones de saturación en un tiempo mayor al 25% del tiempo.

En estas condiciones el método recomienda la adopción de un coeficiente de drenaje:

Para capas granulares: **m₂ = 1,1**

Para capas de suelo-cal: **m₃ = 1**

7.6.3. Consideraciones de drenaje en el diseño de pavimentos según AASHTO

Es bien sabido que un buen drenaje aumenta la capacidad portante de la subrasante (el módulo resiliente aumenta cuando baja el contenido de humedad), mejorando la calidad del camino y permitiendo el uso de capas más delgadas.

En la tabla 7.1 se indican los tiempos de drenaje recomendados por AASHTO. Estas recomendaciones están basadas en el tiempo requerido para drenar la capa de base hasta un grado de saturación del 50%. Sin embargo, el criterio del 85% de saturación reduce en forma significativa el tiempo real usado para seleccionar la calidad del drenaje.

Tabla 7.1

Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	mucho más de 10 horas

Esta calidad de drenaje se expresa en la fórmula de dimensionado (Número estructural) a través de unos coeficientes de drenaje m_i que afectan a las capas no ligadas (Tabla 7.2)

Tabla 7.2

Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Para el diseño de pavimentos rígidos se usan los coeficientes de drenaje C_d que ajustan la ecuación de diseño que considera la resistencia de la losa, las tensiones y condiciones de soporte (Tabla 7.3).

Drenaje

Imagen 9.7: tablas para la determinación de los coeficientes de drenaje (m_i). - (Fuente: AASHTO, 1993).

9.3.6 CÁLCULO DEL SN

Se adoptan las capas y espesores necesarios para cumplir con los requerimientos estructurales calculados:

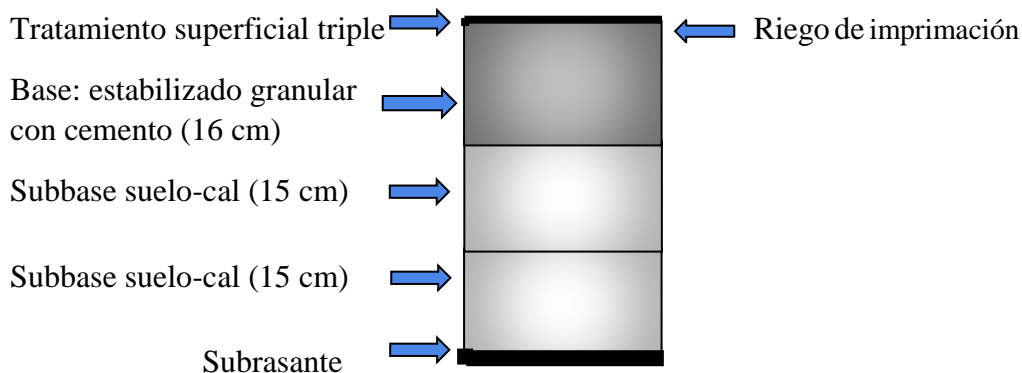
- . Subbase de suelo-cal: 15 cm (primera capa).
- . Subbase de suelo-cal: 15 cm (segunda capa)
- . Base: estabilizado granular con cemento, 16 cm.

A continuación, se detalla en una planilla de cálculo el diseño propuesto:

REALIZANDO LOS CALCULOS CORRESPONDIENTES		SN Necesario =			2,37	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1) x (2) x (3) x (4)	
N°	Tipo de Estructura	Espesor (cm)	Coef. "ai"	Coef. Disminución	Coeficiente de Drenaje	Aporte Estructural
2	Estabilizado granular con cemento. Valor soporte > 100 %	16	0,06	1	1,1	1,06
3	Suelo Cal Rcs > 9 kg/cm ²	15	0,045	1	1	0,68
4	Suelo Cal Rcs > 9 kg/cm ²	15	0,045	1	1	0,68
					Sn Efectivo =	2,41
		Sn Efectivo =	2,41	>	2,37	Sn Necesario
BUENAS CONDICIONES						

Imagen 9. 8: diseño estructural propuesto. Se verifican buenas condiciones. - (Fuente: elaboración propia).

DIAGRAMA DE LA ESTRUCTURA PROPUESTA



9.4 CAPA DE RODAMIENTO

Para la capa de rodamiento se propone un tratamiento triple, el cual no brindará un aporte estructural, pero sí mejorará la transitabilidad de la ruta.

9.4.1 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES BITUMINOSOS (TS)

El TS es la aplicación de material asfáltico, cubierto con agregados pétreos, cuyo espesor final es generalmente inferior a 25 mm (1”). Todos los tratamientos sellan y prolongan la vida de los caminos.

Clasificación de los TS:

- Aplicación de asfalto y distribución de agregados.
 - . Tratamiento superficial simple.
 - . Tratamiento superficial múltiple.
- Aplicación de asfalto.
 - . Riego de imprimación.
 - . Paliativos de polvo.
 - . Road Oiling.
 - . Riego de liga.
 - . Riego pulverizado.
- Lechada asfáltica.

El TS no constituye un pavimento por sí mismo, este tiene como función proveer a la superficie del camino una cubierta impermeable y resistencia a la acción abrasiva del tránsito; los tratamientos bituminosos no dan estructura. Sus principales funciones son:

1. Superficie económica a caminos de base granular c/bajo tránsito.
2. Prevenir penetración superficial de agua en bases granulares y pavimentos viejos.
3. Rellenar huecos, recubrir y ligar partículas desprendidas de la superficie.
4. Restaurar resistencia al deslizamiento de pavimentos.
5. Proveer cubiertas temporarias.

6. Paliar el polvo.
7. Asegurar adherencia de capas superiores (imprimación).
8. Asegurar trabazón entre la superficie que está siendo pavimentada y capa inferior (riego de liga).

Un TS múltiple se realiza en dos o más aplicaciones alternadas de asfalto y agregados. El tamaño máximo de agregado es en general, la mitad que el de la capa anterior, y el espesor total del tratamiento es aproximadamente el tamaño máximo del agregado de la primera capa.

Una de las tantas condiciones que estudiamos para optar por diferentes tipos de TS simple o múltiples, es en función del tránsito medio existente, entonces tenemos:

- . 0-300 vehículos/día (TS simple).
- . 300 - 700 vehículos/día (TS doble).
- . 700 – 1500 vehículos/día TS (triple).
- . > 1500 vehículos/día (mezcla asfáltica).

En el caso de la ruta en estudio, de manera conservadora, se optará por un tratamiento triple, a pesar de que el TMDA de diseño es de 452 vpd.

9.4.2 DOSAJE DE LOS TRATAMIENTOS TRIPLES

La DNV ha empleado un método tentativo para la dosificación del material bituminoso en los tratamientos tipo "simple", "doble" y "triple", que se distingue con la denominación "Regla del 9 - 5 - 3" o "Regla Tagle".

Antes se deben considerar las siguientes premisas:

- 1) Este método no contempla la dosificación de sellados ni retratamientos.
- 2) Se supone que la base es suficientemente estable y sin exceso de material bituminoso imprimador.
- 3) Los agregados pétreos son de una cubicidad aceptable.
- 4) La cantidad de agregados pétreos en los tratamientos tipo simple, no excede en más de un 20% a la necesaria para cubrir la superficie a tratar.
- 5) Aplicación mínima de cemento asfáltico. CA es de 0,5 l/m².

6) Sobre los tratamientos tipo doble y triple se aplicará un riego de sellado a razón de 0,7 l/m² de emulsión bituminosa tipo E.B.M. - 1, o de un asfalto diluido tipo E.R.-1.

Tabla 9.5: resumen de la regla 9-5-3. - (Fuente: DNV, 2005).

TIPO DE TRATAMIENTO	APLICACIÓN BITUMINOSA	RELACIÓN	PORCENTAJE
Simple, doble y triple	TOTAL	BETÚN – PIEDRA (en volumen aparente de la totalidad del agregado)	9%
Dobles y triples	1 ^{era}	BETÚN - TAMAÑO MÁXIMO EFECTIVO (del agregado grueso)	5%
triples	2 ^{da}	BETÚN - AGREGADO GRUESO (en volumen aparente del mismo)	3%

9.4.3 CÁLCULO DE TRATAMIENTO TRIPLE

La propuesta para la RP7 será de un tratamiento triple calculado según la “Regla Tagle” o “9-5-3”. Para ello, será necesario contar con los materiales necesarios en las dosificaciones indicadas, como se vio en el capítulo 2, “Suelos y materiales”.

A continuación, se detalla el cálculo realizado como propuesta de TS:

DOSAJE DE LOS TRATAMIENTOS TRIPLES

SE UTILIZA LA REGLA DE LA D.N.V. 9 - 5 - 3 “Ing. Tagle”

DATOS NECESARIOS:

1) Agregado grueso 26 l/m²

- 2) Agregado intermedio..... 8 l/m²
- 3) Agregado fino..... 4 l/m²
- 4) Utilizaremos para la primera aplicación "cemento asfáltico".
- 5) Utilizaremos para la segunda aplicación "asfalto diluido E.R. - 1 (60 % residuo)
- 6) Utilizaremos para la tercera aplicación "asfalto diluido E.R. - 1 (60% residuo)
- 7) La curva granulométrica del agregado grueso es:

Tamiz	1 1/4 "	1 "	3 / 4 "	1 / 2 "
Abertura mm	31,7	25,4	19,1	12,7
% pasa #	100	62	36	5

MARCHA DE CÁLCULO:

1) **Determinación de la cantidad de cemento asfáltico total a aplicar.**

TOTAL	BETÚN - PIEDRA (en volumen aparente de la totalidad del agregado)	9%
--------------	---	-----------

Volumen total de agregados **38** l/m²

Volumen total de cemento asfáltico a agregar..... **3,42** l/m²

2) **Determinación de la cantidad de asfalto para el primer riego.**

1^{era}	BETÚN - TAMAÑO MÁXIMO EFECTIVO (del agregado grueso)	5%
------------------------	--	-----------

Se entiende por "tamaño máximo efectivo" de un agregado, al número en milímetros, correspondiente al valor de pasante 80% en su curva granulométrica. Para su determinación utilizaremos interpolación de los porcentajes retenidos de la curva granulométrica del agregado grueso.

$$(A / B) = (C / X)$$

A = (100 % - 62 %)

B = (31,7 mm - 25,4 mm)

C = (100 % - 80 %)

Incógnita

X = $\{(31,7 - 25,4) * (100\% - 80\%)\} / (100\% - 62\%)$

X = 3,316

T.M.E.A.G.= 31,7 - X = 31,7 - 3,316 = **28,38 mm.**

Volumen de asfalto para el primer riego **1,42** l/m²

3) **Determinación de la cantidad de asfalto para el segundo riego.**

2 ^{da}	BETÚN - AGREGADO GRUESO (en volumen aparente del mismo).	3%
-----------------	--	-----------

Volumen de agregados gruesos..... **26** **l/m²**

Volumen de asfalto para el segundo riego..... **0,78** **l/m²**

4) **Resumen de los distintos riegos asfálticos.**

Volumen de asfalto para el primer riego **1,42** **l/m²**

Volumen de asfalto para el segundo riego..... **0,78** **l/m²**

Volumen de asfalto para el tercer riego..... **1,22** **l/m²**

5) **Los distintos riegos asfálticos, utilizando los materiales propuestos.**

Volumen para el primer riego en **cemento asfáltico** **1,42** **l/m²**

Volumen de asfalto para el segundo riego en **E.R. - 1**..... **1,3** **l/m²**

Volumen de asfalto para el tercer riego en **E.R. - 1**..... **2,04** **l/m²**

Resultados:

Cantidad de **litros reales** a aplicar:

- **Primera aplicación (cemento asfáltico): 1,42 l/m².**
- **Segunda aplicación (ER1, 60 % de residuos): 0,78 l/m² / 0,6 = 1.3 l/m².**
- **Tercera aplicación (ER1, 60 % de residuos): 1,22 l/m² / 0,6 = 2,04 l/m².**

9.5 SIMULACIÓN CON EL IMT PAVE.

9.5.1 SOFTWARE IMT-PAVE.3.2

El IMT-PAVE 3.2 es una herramienta informática desarrollado por el Instituto Mexicano del Transporte para el diseño de pavimentos mediante una metodología empírico-mecanicista que pone un énfasis en el concepto de espectro de carga para relacionarlo con el de espectro de daño o daño acumulado, a través del análisis de esfuerzos y deformaciones en la estructura de pavimento y su correlación con los principales tipos de deterioros que presenta. Las metodologías empírico - mecanicistas pretenden tener un enfoque científico, con un marco teórico sólido que permita el análisis completo del comportamiento de un pavimento, ante las acciones del clima y del tránsito vehicular. Esto es, un marco teórico en donde las propiedades fundamentales de los materiales se conocen, ya que se pueden determinar en laboratorio o en campo y que permita la predicción correcta de la evolución en el tiempo de los dos deterioros

principales, fatiga y deformación permanente, y por ende, aumentar en gran medida la confiabilidad del diseño.

9.5.2 VARIABLES DE DE ENTRADA

Las componentes de entrada al proceso de diseño se refieren a la geometría de la estructura, básicamente a los espesores de cada capa, las propiedades de los materiales que conforman cada una de esas capas que serán módulos dinámicos o resilientes y a su nivel de tránsito vehicular definido por su espectro de distribución de cargas como así también la presión de inflado de neumáticos y la vida útil de diseño.

9.5.3 OPERATIVA DEL SOFTWARE

Definido el diseño inicial, se procede al cálculo de las respuestas estructurales en la sección estructural del pavimento. Estas respuestas estructurales consisten en conocer la distribución de esfuerzos (σ), deformaciones unitarias (ϵ) y deflexiones (δ). El cálculo se realiza básicamente considerando al pavimento como un medio multicapa, donde el comportamiento de los materiales se apoya en la Teoría Elástica Multicapa. A partir de la respuesta estructural en el pavimento se calcula el nivel de daño esperado en el período de diseño, para los dos tipos de deterioro principales que se presentarán siendo:

- ❖ Fatiga (tensión horizontal en la base de la capa tratada o asfáltica)
- ❖ Deformación permanente (deformación vertical máxima en la subrasante)

Una vez calculados los niveles de deterioro para el período de diseño, se introduce el concepto de vida remanente, el cual es el inverso del daño acumulado en el periodo de diseño y determinará cuando una sección ha excedido o no el valor máximo de daño acumulado. Esto significa garantizar que los niveles de agrietamiento y de deformación permanente, se mantendrán dentro de un rango ideal, que dependerá de la importancia del proyecto analizado

9.5.4 APLICACIÓN AL DISEÑO

9.5.4.1 TRÁNSITO A SOLICITAR

Contiene las celdas para ingresar los datos generales del tránsito como volumen, (TMDA), factores de distribución por sentido y por carril, presión de inflado que se adoptó para camiones argentinos el valor convertido en 90 psi. Un horizonte de proyecto que se tomó 10 años a modo de tener en cuenta una vida útil más allá de nuestro diseño propiamente dicho de 5 años con el paquete estructural planteado, tasa de crecimiento y clasificación vehicular, esta clasificación se basa en los manuales de datos viales que publica la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT de México que se lo adaptó con las mismas consideraciones de distribuciones de ejes y tipos de camiones a los de nuestro diseño que fue previamente analizado en el capítulo 5.

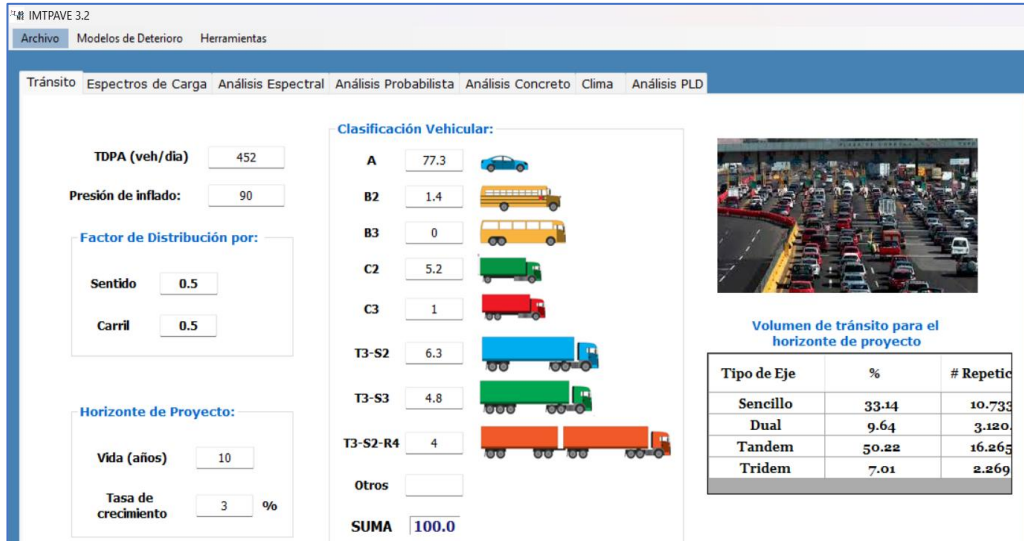


Imagen 9.9: introducción de datos de IMT-PAVE 3.2 (Fuente: IMT-PAVE 3.2)

Como se observa en la imagen 9.9 en la parte inferior derecha del formulario se observan los porcentajes y número de repeticiones por tipo de eje por año de análisis de manera discretizada.

9.5.4.2 – ESPECTROS DE CARGA

Este módulo contiene los niveles de carga del tránsito divididos por tipos de ejes y se deberá escoger el nivel de carga con el que se realizará el diseño, Un espectro de carga es la distribución de frecuencias normalizada de las cargas de los vehículos pesados por tipo de eje. La herramienta ya incluye cuatro niveles de carga predefinidos, que se ajustaron en función de los pesos máximos establecidos por la ley en el Decreto 32/2018 para las configuraciones vehiculares según la transmisión de cargas a la calzada estipulado por la DNV.

Como resultado del análisis de los pesos de los vehículos de carga se definieron cuatro escenarios de carga que se basan en los límites legales de la normativa de pesos y dimensiones. Los escenarios predefinidos son:

- Carga legal, ligera.
- Sobrecarga.
- Alta sobrecarga.
- Muy alta sobrecarga.

Todos estos escenarios representan condiciones de sobrecarga comunes en una gran parte de las rutas argentinas.

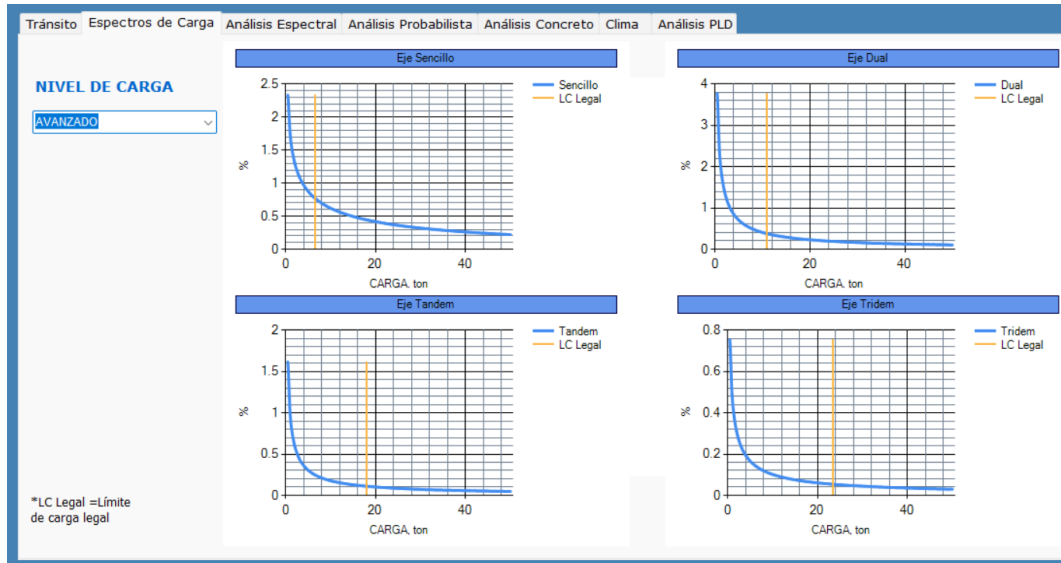


Imagen 9.10: Espectros de carga de IMT-PAVE 3.2 (Fuente: IMT-PAVE 3.2)

En el eje vertical se indica este porcentaje que representa la densidad de probabilidad o, de manera más simple, la concentración de la frecuencia de ejes en ese punto específico de carga. La altura del punto de la curva no es el porcentaje total de camiones que pasan, sino la probabilidad relativa de encontrar un eje con ese peso exacto.

9.5.4.3 ANÁLISIS ESPECTRAL

Para iniciar el diseño de un pavimento, se debe proponer una sección que cuente con al menos 3 capas, los nombres, espesores y módulos son valores por omisión que corresponderían a una sección para caminos con tránsito medio.

Tabla 9.6: módulos resilientes introducidos como dato al IMT-PAVE 3.2. - (Fuente: Elaboración propia).

Nº	CAPA	PARÁMETROS	RANGO DE Mr	Mr ADOPTADO
3	Base de estabilizado granular - 3% cemento.	Rcia= 20Kg/cm2 3% cemento	600-700MPa	555MPa
2	SubBase Suelo cal	Rcia= 9kg/cm2	200-230MPa	190MPa
1	Subrasante- CBR 6%	Suelo A-7-6 CBR 6%	55-65MPa	55MPa

Desde el punto de vista de diseño mecanicista, el valor que caracteriza el comportamiento mecánico de un material (capas inferiores) es el módulo resiliente Mr, en caso de no tener el valor obtenido de una prueba de laboratorio la herramienta cuenta con un catálogo de materiales al que se accede mediante el siguiente catálogo se muestran los rangos típicos de valores de Mr, para diferentes tipos de suelos bajo la clasificación HRB y SUCS.

Clasificación del suelo	Rango de Mr (MPa)	Valores típicos de Mr (MPa)	Clasificación del suelo	Rango de Mr (MPa)	Valores típicos de Mr (MPa)
A-1-a	262 - 290	276	CH	34 - 93	55
A-1-b	245 - 276	262	MH	55 - 121	79
A-2-4	193 - 259	221	CL	93 - 165	117
A-2-5	165 - 228	193	ML	117 - 176	138
A-2-6	148 - 214	179	SW	193 - 259	221
A-2-7	148 - 193	165	SP	165 - 228	193
A-3	169 - 245	200	SW-SC	148 - 214	176
A-4	148 - 200	165	SW-SM	165 - 228	193
A-5	117 - 176	138	SP-SC	148 - 214	176
A-6	93 - 169	117	SP-SM	17 - 228	193
A-7-5	55 - 121	83	SC	148 - 193	165
A-7-6	34 - 93	55	SM	193 - 259	221
			GW	272 - 290	283
			GP	245 - 276	262
			GW-GC	193 - 28	238
			GW-GM	245 - 279	265
			GP-GC	193 - 269	234
			GP-GM	214 - 276	248
			GC	165 - 259	214

Imagen 9.11: tabla de módulos resilientes según clasificación de suelos. - (Fuente: IMT-PAVE 3.2).

Imagen 9.12: análisis espectral del paquete estructural planteado. - (Fuente: IMT-PAVE 3.2).

Nota: El software considera a la subrasante propiamente dicha como una capa semi-infinita es por eso que no solicita asignarle ningún espesor a la misma. Solo el valor de su Mr en función de la clasificación de suelo y la resistencia a la penetración misma.

Como se mencionó anteriormente y se lo valida en esta sección, que la vida por fatiga y la vida por deformación sean ambas mayor a 10 años es la certificación de que el diseño estructural cumple con el objetivo.

En cuanto a la fatiga, indica que el número de repeticiones de ejes pesados que provocarían la fisuración de la capa más rígida es superior al número de repeticiones de ejes que pasarán en 10 años en nuestra ruta en función del tránsito analizado.

Respecto a la deformación los resultados indican que las capas estabilizadas y el suelo no se ahuearán de manera excesiva e inaceptable.

9.5.4.4 ANÁLISIS PROBABILISTA

Una vez que un diseño ha sido aprobado previamente en el análisis espectral, se puede considerar la variabilidad en los factores de diseño, en particular en los valores de resistencia de los materiales con cierto grado de confiabilidad. El análisis probabilista dará como resultado la vida útil a la fatiga y a la deformación permanente, pero ahora considerando la variabilidad probable en los valores de resistencia de los materiales

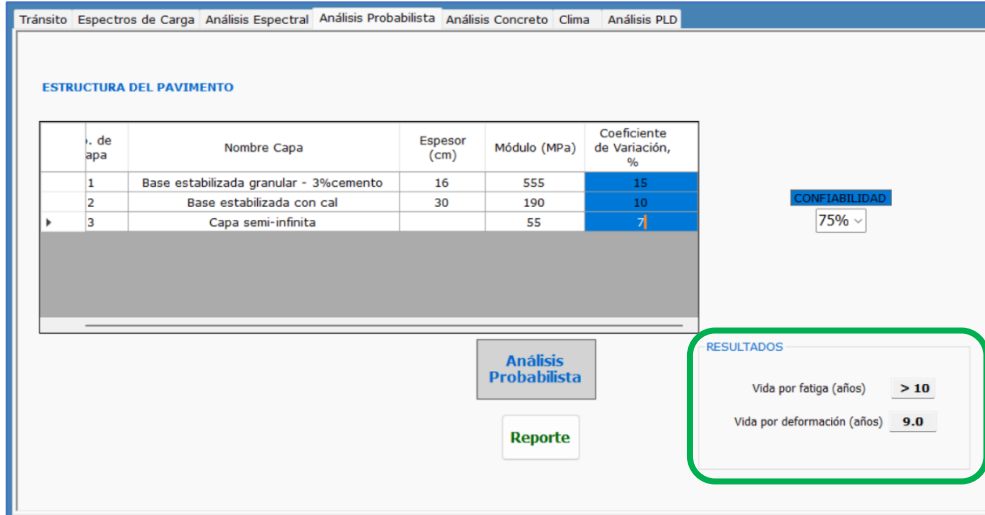


Imagen 9.13: Análisis probabilista según coeficiente de variación (Fuente: IMT-PAVE 3.2)

Los valores nuevamente para fatiga dan resultados positivos en cuanto a la vida útil planteada y por deformación no llegan al periodo de diseño, ya que estaría indicando que aproximadamente a los 9 años de vida útil tendría significantes deformaciones para los datos introducidos de una confiabilidad del 75% y una variabilidad para la base granular del 15%, de la Subbase de suelo cal del 10% y de las propiedades de la subrasante con un 5% respectivamente. Que a términos lógicos considerando que nuestro diseño real es propuesto a 5 años y solo consideramos los 10 años a modo de subestimar la estructura, se consideran aceptables los valores estimados por el software.

9.6 CONCLUSIÓN

Respeto a los valores arrojados se consideran aceptables en función de la mayoración de los datos introducidos para modelar el paquete, cabe recordar que:

1. Se mayoró la vida útil de diseño de 5 años propuestos por el método empírico, aca se consideraron 10 años.
2. Se mayoró la configuración vehicular fue mayorada en un porcentaje para el vehículo T3-S2-R4 que para nosotros eso es un bitren y no fue considerado en el capítulo 5. Y

en este capítulo se le asignó un porcentaje menor para evaluar el funcionamiento estructural.

3. Subdimensionó los módulos resilientes ya que al ser correlacionados se eligió tomar los límites inferiores.

Cabe hacer notar la discrepancia en los métodos con relación al empírico de la AASHTO 93 que dicha metodología se calibró con los datos del *AASHTO Road Test* (Illinois, 1958-1960).

Esos ensayos se hicieron sobre:

- Suelos fríos, granulares y limo-arcillosos de clima templado.
- Pavimentos asfálticos gruesos.
- Bases de grava muy bien graduada.
- Subrasantes con CBR 8–15% promedio.
- Bajo temperatura media de unos 10–12°C.

Muy distinto a nuestras condiciones de la zona con:

- Suelos A-7-6, arcillas negras, muy plásticas.
- CBR típicos: 3–6%.
- Altos contenidos de humedad.
- Alta variación volumétrica.
- Temperaturas medias altísimas (28–35°C).
- Tratamientos TST, suelos-cal, suelos-cemento, estabilizados muy distintos a los considerados y poca disponibilidad respecto a las gravas o bases tradicionales de EE.UU.
- El SN de la AASHTO no capta correctamente la variación de módulo, el comportamiento no lineal, la pérdida de rigidez por humedad, la interacción entre capas ni los módulos reales de suelos tratados.

Esa gran marcada diferencia con el IMT-PAVE es que el mismo asigna mayor compatibilidad con suelo-cal, suelo-cemento, estabilizados granulares tratados, subrasantes blandas, y TST no estructurales ya que viene discretizado para elegir cada una de estas capas y asignarle de manera completa las variables de entrada.

Capítulo 10

CÓMPUTO Y

PRESUPUESTO

10.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se pretende describir el análisis realizado para el cómputo y análisis de precios correspondiente al tramo en estudio de la RP7.

Como premisa, el anteproyecto trata de un pavimento de bajo costo y obras básicas, por lo que se buscará realizar una comparación con un paquete estructural completo para evidenciar las diferencias económicas.

Para la elaboración del cómputo, se trabajó con los planos brindados por la DVP y los de elaboración propia. En cuanto al análisis de precio, se utilizaron planillas tipo, adaptándolas a las características del anteproyecto.

10.2 CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

El cómputo del presente trabajo se realizará sobre los ítems y materiales necesarios para la construcción de una subbase, una base y un tratamiento triple en la superficie y alcantarillas necesarias a **nivel de anteproyecto**, considerando los trabajos, materiales, equipos herramientas y mano de obra necesarios para su construcción, pero sin contemplar ítems como movilización de obra, gastos de inspección, interferencias con servicios públicos, etc., por ser puntos a definir una vez elaborado el proyecto ejecutivo. De lo anterior se desprende que el presupuesto obtenido tendrá carácter orientativo, no obstante, se hizo el ejercicio de realizar dicho presupuesto en base a análisis de precios unitarios con el formato que utiliza Vialidad Nacional, actualizado al mes de octubre del corriente año.

10.3 CÓMPUTO MÉTRICO

- ❖ **JORNALES BÁSICOS PARA LOS OBREROS DE LA CONSTRUCCIÓN (UOCRA):**

Tabla 10.2: jornales correspondientes a los trabajadores de la construcción. - (Fuente: UOCRA)

OFICIAL ESPECIALIZADO		Coeficiente	Parcial [\$/día]	Subtotal [\$/día]
a.-	Jornal básico		41600,00	
b.-	Sumas remunerativas convencionales			41600,00
c.-	Incidencia de las cargas sociales	117,64 %	48938,24	90538,24
d.-	Viáticos y desarraigo	10 %	9053,82	99592,06
e.-	Sumas no remunerativas		103300,00	202892,06
Total Mano de Obra - Oficial Especializado [\$/día]				202892,06
OFICIAL		Coeficiente	Parcial [\$/día]	Subtotal [\$/día]
a.-	Jornal básico		35592,00	
b.-	Sumas remunerativas convencionales			35592,00
c.-	Incidencia de las cargas sociales	117,64 %	41870,43	77462,43
d.-	Viáticos y desarraigo	10 %	7746,24	85208,67
e.-	Sumas no remunerativas		96200,00	181408,67
Total Mano de Obra - Oficial [\$/día]				181408,67
MEDIO OFICIAL		Coeficiente	Parcial [\$/día]	Subtotal [\$/día]
a.-	Jornal básico		32888,00	
b.-	Sumas remunerativas convencionales			32888,00
c.-	Incidencia de las cargas sociales	117,64 %	38689,44	71577,44
d.-	Viáticos y desarraigo	10 %	7157,74	78735,19
e.-	Sumas no remunerativas		88100,00	166835,19
Total Mano de Obra - Medio oficial [\$/día]				166835,19
AYUDANTE		Coeficiente	Parcial [\$/día]	Subtotal [\$/día]
a.-	Jornal básico		30272,00	
b.-	Sumas remunerativas convencionales			30272,00
c.-	Incidencia de las cargas sociales	117,64 %	35611,98	65883,98
d.-	Viáticos y desarraigo	10 %	6588,40	72472,38
e.-	Sumas no remunerativas		83200,00	155672,38
Total Mano de Obra - Ayudante [\$/día]				155672,38

10.3.1 PRECIOS UNITARIOS:

Los análisis de cada ítem se encuentran en la sección ANEXO Cómputos y presupuesto.

10.3.2 PRESUPUESTO

Tabla 10.2: presupuesto total. - (Fuente: elaboración propia).

ITEM	DESIGNACIÓN DE LAS OBRAS	U	CANTIDAD	PRECIO		% DE INC
				UNITARIO	TOTAL	
1 TRABAJOS PRELIMINARES						
1.1	Limpieza de alcantarilla existente	u	146	\$ 317.146,14	\$ 46.303.337,12	0,18%
1.2	Construcción de alambrados s/p tipo H-2840-I	ml	142000	\$ 16.861,55	\$ 2.394.340.257,76	9,37%
2 MOVIMIENTO DE SUELO						
2.3	Terraplén con compactación especial	m³	188860	\$ 8.810,64	\$ 1.663.978.313,71	6,51%
2.4	Abovedamiento a.c.= 7,30m	ml	71000	\$ 6.435,30	\$ 456.906.300,00	1,79%
3 ESTRUCTURA PARA TRATAMIENTO SUP. TRIPLE						
3.1	Base de suelo cal. Esp 15 cm "2 capas"	m³	213000	\$ 29.262,30	\$ 6.232.868.872,50	24,40%
3.2	Base granular. Esp 16 cm	m³	113600	\$ 87.791,83	\$ 9.973.151.572,45	39,05%
3.5	Tratamiento Superficial Triple	m²	639000	\$ 6.867,04	\$ 4.388.036.452,90	17,18%
4 SEÑALAMIENTO VERTICAL Y DEMARCACIÓN HORIZONTAL						
6.1	Señalam. horizontal con material termoplástico reflectante aplicado por pulverización	m²	17400	\$ 21.855,18	\$ 380.280.072,84	1,49%
6.2	Señalamiento vertical con lámina alta intensidad	u	22	\$ 306.360,42	\$ 6.739.929,20	0,03%
PRESUPUESTO TOTAL POR MATERIALES Y MANO DE OBRA ASCIENDE A LA SUMA DE				TOTAL	\$ 25.542.605.108,46	100,00%

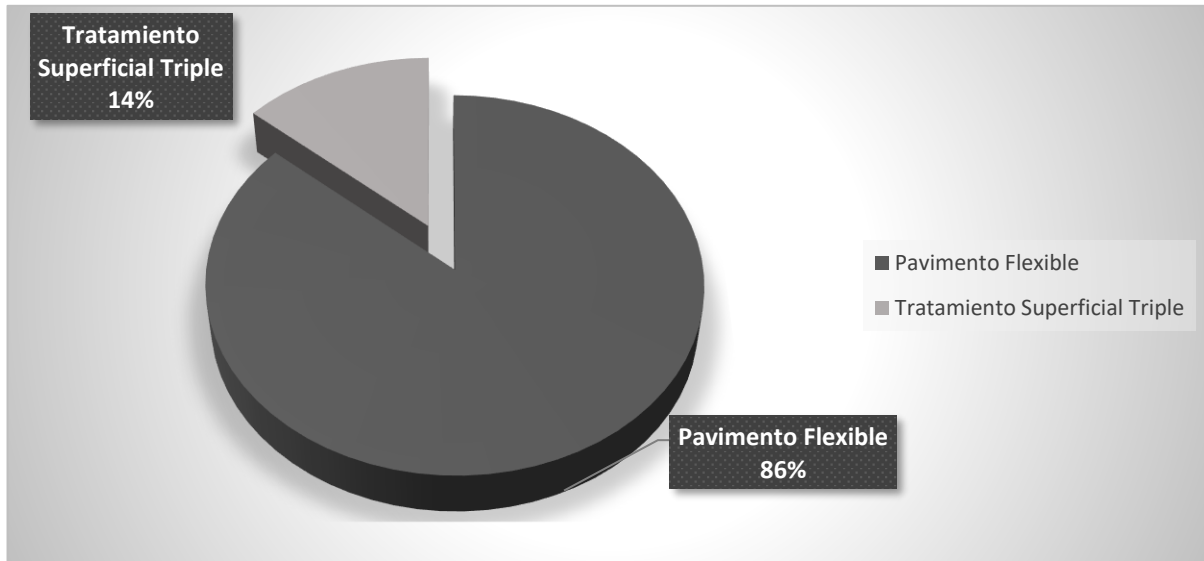
Por lo tanto, el presupuesto total para la obra es de: \$ **25.542.605.108,46**

Y el presupuesto por kilómetro será: \$**359.755.001,53**

10.4 COMPARACION CON PAVIMENTO FLEXIBLE

Hicimos un estudio comparativo con el mismo paquete estructural de subbase y base, realizando una carpeta de rodamiento flexible nos dio \$687.888.867.65 por km.

Tabla 10.3: comparación pavimento flexible y TST. - (Fuente: elaboración propia).



10.5 CONCLUSIÓN

El análisis de cada ítem permitió estimar los costos de equipos, materiales y mano de obra necesarios, y mostró la importancia de cada etapa para lograr una calzada estable, bien drenada y protegida. La correcta preparación de la subrasante, junto con las capas estructurales y el tratamiento superficial, asegura un pavimento durable y adecuado para el tránsito previsto. Además, se comprobó que el tratamiento superficial triple resulta más económico en aproximadamente un 86%, lo que vuelve a este diseño considerablemente más conveniente frente a otras alternativas de pavimentación. El análisis de precio total será adjuntado como anexo del presente capítulo para mayor detalle de evaluación.

BIBLIOGRAFÍA

Administración Provincial del Agua de la Provincia del Chaco (2025). *Precipitaciones mensuales por cuenca*. APA. <http://apachaco.gob.ar/site/images/Prec%202021%20Anomalias%20e%20Isohietas.pdf>

Anexo Estudio de tránsito Sistema Malla C.Re.Ma 313-B (2021). Vialidad Nacional 4° Distrito, Mendoza, Argentina. <https://www2.vialidad.gob.ar/sites/default/files/IF-2021-06581772-APN-DMZA%25DNV.pdf>

Anexo L de la Ley Nacional de Tránsito N°24.449. *Sistema de Señalización Vial Uniforme*. Seguridad Vial. Ministerio del Interior. Argentina, 1994. <https://www.mda.gob.ar/wp-content/themes/mda/documentos/Sistema-de-senalizacion-vial-uniforme.pdf>

Bovio, J. [et. al.]. *Manual de señalamiento horizontal*. (2012). Dirección Nacional de Vialidad - DNV.

Coronado Iturbide, J. *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. (2002). Secretaría de Integración Económica Centroamericana – SIECA.

Curso de actualización de diseño estructural de caminos método aashto'93. (1993). Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña – EICAM.

Decreto 32/2018. (2018). *Pesos máximos establecidos por la ley. Configuraciones vehiculares según transmisión a calzada*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/pesos_maximos.pdf

Dirección de Vialidad Provincial de la Provincia del Chaco (2025). *SigVial CHACO*. DVP. <https://vialidadchaco.com.ar/sigvial>

Gámez, W. (2009). *Texto básico de Hidrología*. Editronic SA.

García, M., Medina, M., Tentor, A. (2025) *Anteproyecto de pavimentación flexible y obra básica. Ruta Provincial N°13-sección IV-tramo: km 136 a km 162,79-provincia del Chaco*. [Trabajo final de grado]. Universidad Nacional del Nordeste. <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/56471>

Ginzburg, R., Adámoli J. (2005). Situación ambiental en el Chaco Húmedo. *Ecorregión Chaco Húmedo*. pp. 103-129. https://redforestal.conicet.gov.ar/download/divulgacion/48_Ecorregion-Chaco-Humedo.pdf

Gobierno de México. Dirección General de Servicios Técnicos. *Comunicaciones*. <https://micrs.sct.gob.mx/infraestructura/direccion-general-de-servicios-tecnicos>

Google. (2025). [RP7]. https://www.google.com/maps/place/RP7,+Chaco/@-27.0956542,-59.8592091,11.21z/data=!4m6!3m5!1s0x94443b1036b9f689:0x3fb70a92f7509731!8m2!3d-27.0817414!4d-59.8767601!16s%2Fg%2F11bym_ftz8?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTEyMy4xIKXMDSoASAFQAw%3D%3D

Instituto Geográfico Nacional (2025). *Argenmap visualizador*. IGN. <https://mapa.ign.gob.ar/?zoom=4&lat=-39.9771&lng=-59.0186&layers=argenmap>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2025). *INTA Digital Geo*. INTA. <https://visor.inta.gob.ar/es#3/-41.3/-64.58>

IRAM 1212. *Recubrimientos termoplásticos retrorreflectantes para la demarcación de pavimentos*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, 1971.

IRAM 1221 CNA8010. *Ensayos de resistencia a la abrasión de recubrimientos de demarcación vial*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, 1992.

Jarocki, W. (1985). *Manual de Hidrología para Obras Viales*. Dirección Nacional de Vialidad (DNV), Argentina.

Lima, F., Arriola M., Romero A. (2024) *Anteproyecto pavimentación y obras básicas Ruta Provincial N° 13 Provincia del Chaco tramo III: Charadai-Samuhú*. [Trabajo final de grado]. Universidad Nacional del Nordeste. <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/56417>

Manual de diseño geométrico de carreteras (2010). Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña - EICAM, Subgerencia de Estudios y Proyectos de la Dirección Nacional de Vialidad - SGEyPDNV.

Manual de señalamiento vertical. (2017). Dirección Nacional de Vialidad - DNV, Asociación Argentina de Carreteras – AAC.

Morábito et al. (2015). Distribución espacial de la evapotranspiración del cultivo de referencia y de la precipitación efectiva para las provincias del centro-noreste de Argentina. *Revista FCA UNCUYO*, Vol. 47(1), pp. 109–125. <https://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v47n1/v47n1a08.pdf>

Pliego de especificaciones técnicas generales. (1998). Dirección Nacional de Vialidad - DNV.

Pliego de especificaciones técnicas generales para riegos de imprimación con emulsiones asfálticas. (2017). Dirección Nacional de Vialidad - DNV.

Pliego de especificaciones técnicas generales para riegos de liga con emulsiones asfálticas. (2017). Dirección Nacional de Vialidad - DNV.

Pliego de especificaciones técnicas generales para tratamientos bituminosos superficiales. (2017). Dirección Nacional de Vialidad - DNV.

Ruberto, A., Pilar, J., Gómez, M. (septiembre, 2018). *Adecuación hidráulica de un terraplén ferroviario para un evento de alta recurrencia*. XXVIII Congreso latinoamericano de hidráulica. Buenos Aires, Argentina.

Unión Obrera de la Construcción de la República Argentina (2025). *Escalas salariales*. UOCRA. <https://www.uocra.org/?s=nuevas-escalas-salariales&lang=1>

Ven, Te Chow, Maidment, David R., Mays, Larry W. (1994). *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill.

Vialidad Nacional (2025). *Estadísticas de tránsito en la red nacional de caminos*. DNV. http://transito.vialidad.gob.ar:8080/SelCE_WEB/intro.html

Vialidad Nacional (2025). *Tránsito en la Red Nacional de Caminos*. DNV. http://transito.vialidad.gob.ar:8080/SelCE_WEB/tmda.html

Vialidad Nacional (2025). *Variaciones Interanuales de TMDA*. DNV. http://transito.vialidad.gob.ar:8080/SelCE_WEB/variaciones_interanuales.html

Vicenti, R. (2013). Características ambientales propias de la cuenca del Tapenagá, en la Llanura Chaqueña Oriental Necesidad de integración para su optimización. *Revista Geográfica*, 153. pp. 55-90. <https://www.revistasipgh.org/index.php/regeo/issue/view/38/17>

VN - E1 - 65. *Tamizado de suelos por vía húmeda*. Buenos Aires, Argentina. Dirección Nacional de Vialidad (1° Distrito Buenos Aires), 2010. pp. 4-5.

VN - E2 - 65. *Límite líquido*. Buenos Aires, Argentina. Dirección Nacional de Vialidad (1° Distrito Buenos Aires), 2010. pp. 6-11.

VN - E3 - 65. *Límite plástico, índice de plasticidad*. Buenos Aires, Argentina. Dirección Nacional de Vialidad (1° Distrito Buenos Aires), 2010. pp. 12-14.

VN - E5 - 93. *Compactación de suelos*. Buenos Aires, Argentina. Dirección Nacional de Vialidad (1° Distrito Buenos Aires), 2010. pp. 24-32.

VN - E6 - 84. *Determinación del valor soporte e hinchamiento de suelos*. Buenos Aires, Argentina. Dirección Nacional de Vialidad (1° Distrito Buenos Aires), 2010. pp. 33-55.

VN - E18 - 89. *Método de campaña para la determinación de sales solubles y sulfatos en suelos, estabilizados y suelos granulares*. Buenos Aires, Argentina. Dirección Nacional de Vialidad (1° Distrito Buenos Aires), 2010. pp. 119-123.

Yurkevich, R., Padín, E., Depettris, C. (1982). Obras de desagüe al Río Tapenagá. *Convenio bajos submeridionales*. pp. 1-37. <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/1982/01/61447.pdf>

ANEXO – PLANOS

PLANO 01 – Ubicación geográfica del proyecto.

PLANO 02 – Área de influencia considerada en el estudio hidrológico.

PLANO 03 – Ubicación de alcantarillas existentes.

PLANO 04 – Alcantarilla tipo.

PLANO 05 – Alcantarilla tipo.

PLANO 06 – Intersección RPN°7 y RNN°16.

PLANO 07 – Intersección RPN°7 y RPN°13.

PLANO 08 – Perfil tipo de obra básica.

PLANO 09 – Perfiles transversales de obra básica.

PLANO 010 – Perfil planialtimétrico prog. PK 0+000 – 0+700

PLANO 011 – Perfil planialtimétrico prog. PK 4+200 – 4+900

PLANO 012 – Perfil planialtimétrico prog. PK 35+000 – 35+700

PLANO 013 – Perfil planialtimétrico prog. PK 69+200 – 69+900

ANEXO – ESTUDIO DE SUELOS

ANEXO - ANÁLISIS HIDROLÓGICO

ANEXO – CÁLCULO DE CURVA HORIZONTAL

ANEXO – PLANILLAS DE ANÁLISIS DE PRECIOS