



# TRABAJO FINAL DE CARRERA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
Facultad de Ingeniería

## “READECUACION DE LA INTERSECCION R.N. N°118 Y R.P. N°6”

### AUTORES:

MOSQUEDA, MARIANO

VERRASTRO, GENARO TOMAS

### TUTOR:

BIAIN, ROLANDO

AÑO 2024



<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>4</b>
1.2 CONTEXTO GEOGRÁFICO: CARACTERÍSTICAS DE LA CIUDAD DE CORRIENTES.....	5
1.3 OBJETIVO .....	5
<b>2. RELEVAMIENTO Y ESTADO ACTUAL .....</b>	<b>11</b>
2.1 OBSERVACIONES DEL RELEVAMIENTO EN CAMPO .....	11
<b>3. ESTUDIO DE SUELO .....</b>	<b>16</b>
3.1. INTRODUCCION.....	16
3.2. INFORMACIÓN DEL ESTUDIO REALIZADO DE PARTE DE D.P.V:.....	17
3.2.1 LIMITES DE ATTERBERG, TAMIZADO POR VIA HÚMEDA, CLASIFICACIÓN HRB .....	17
3.3 ENSAYOS PROCTOR Y CBR DE SUELOS TÍPICOS. ....	18
<b>4. ESTUDIO DE TRANSITO .....</b>	<b>20</b>
4.1 INTRODUCCION.....	20
4.2 ANÁLISIS Y MÉTODOS A UTILIZAR .....	20
4.3 TRÁNSITO MEDIO DIARIO DE DISEÑO .....	24
4.3.1 Distribución de cargas por eje .....	25
4.4 EJES EQUIVALENTES.....	25
4.5 TASA DE CRECIMIENTO Y PROYECCIÓN DE TRÁNSITO.....	27
4.5.1. RESULTADO FINAL (tasa de crecimiento adoptada).....	30
4.6 RUTA NACIONAL 118.....	30
4.6.1 Cálculo tránsito medio diario anual (TMDA): .....	30
4.6.2. Calculo ESALs.....	33
4.7 RUTA PROVINCIAL N°6 .....	35
4.7.1 Tipos de tránsito .....	35
4.7.2. Censo de R.P. N°6 .....	35
4.7.3. Tránsito medio diario anual (TMDA). ....	36
4.8 VEHÍCULO DE DISEÑO .....	38
<b>5. PARÁMETROS DEFINIDOS PARA EL CÁLCULO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.....</b>	<b>41</b>
5.1 INTRODUCCIÓN.....	41
5.2 MÉTODO PSA 1984 (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION) .....	42
5.3 VARIABLES DE DISEÑO .....	43
5.3.1 Calzada de Hormigón .....	44
5.3.2. Resistencia del Hormigón de la Calzada.....	46
5.3.3. Subrasante.....	46
5.3.4. Módulo de reacción de la subrasante.....	46
5.3.5. Valor Soporte (CBR) .....	47
5.3.6. Módulo Resiliente (Mr).....	49
5.3.7 Base .....	51
5.3.8 Módulo de reacción combinado - base/subbase.....	51
5.4 ESTUDIO DE TRÁNSITO .....	53
5.5 DISEÑO DE JUNTAS.....	63
5.5.1 Juntas y transferencia de carga.....	63
5.5.2 Objetivos principales de las juntas .....	64
5.5.3 Tipos de juntas.....	64
5.5.4. Juntas transversales .....	65
5.5.5. Juntas longitudinales.....	69
5.5.6. Distribución de juntas.....	73
5.6. RESULTADOS DEL PAQUETE ESTRUCTURAL .....	77
5.7. VERIFICACIÓN DEL METODO FATIGA Y EROSION .....	78





5.8. RECOMENDACIONES PARA LA EJECUCIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	81
5.8.1. Suelos de subrasante .....	81
5.8.2. Consideración de suelos expansivos .....	81
5.8.3. Evaluación del Terreno .....	82
5.8.4. Identificación de Suelos Expansivos.....	82
5.8.5. Medidas preventivas para el control de hinchamiento en suelos expansivos .....	83
5.8.6. Resistencia a la erosión .....	87
5.8.7. Bases cementadas.....	88
<b>6. ANALISIS DE ALTERNATIVA (DISEÑO GEOMETRICO) .....</b>	<b>90</b>
6.1 GENERALIDADES .....	90
6.1.1 Nudos: intersecciones y distribuidores separación de trayectorias .....	90
6.1.2. Factores que intervienen en la elección del tipo de intersección.....	93
6.2 CRITERIOS DE JUSTIFICACION DE LA SOLUCION VIAL .....	94
6.3 FACTORES CONSIDERADOS .....	95
6.4 CARACTERISTICAS DE LAS ROTONDAS .....	97
6.4.1. Puntos de Conflictos .....	98
6.4.2. Influencia de la velocidad en la gravedad de los accidentes .....	98
6.4.3. Distancia visual en intersecciones .....	99
6.4.4. Adopción de la rotonda .....	100
6.4.5. Diferencias entre rotondas modernas y círculos de tránsito: .....	101
6.4.6. Ventajas de una rotonda .....	103
6.4.7. Desventajas de una rotonda.....	103
6.4.8. Elementos geométricos y características claves de una RM .....	104
6.4.9. Parámetros clave de diseño de la rotonda moderna.....	105
6.4.10. Criterios generales referidos a la ubicación de una rotonda moderna.....	108
6.4.11. Estimación de la capacidad .....	109
6.4.12. DISEÑO GEOMETRICO .....	111
6.4.13. Trayectorias de los Vehículos y Velocidad Asociada.....	112
6.4.14. Visibilidad .....	113
6.4.15. Complementos.....	123
6.4.16. Velocidad de Diseño .....	124
6.5 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ROTONDA ADOPTADOS .....	127
6.5.1. Percepción y visibilidad.....	127
6.5.2. Geometría de las entradas .....	131
6.5.3. Geometría de las salidas .....	132
6.6 DISTRIBUCIÓN DE TRANSITO.....	132
6.6.1. Cálculo de capacidad de la rotonda .....	134
6.7 SEÑALIZACIÓN.....	138
6.7.1 Señalización vertical .....	138
6.7.2. Señalización horizontal.....	140
6.8. PAISAJISMO.....	142
6.9. DÁRSENA DE COLECTIVOS Y REFUGIO DE PEATONES.....	144
6.9.1 Consideraciones generales .....	144
6.9.2. Dimensiones .....	144
6.9.3 Refugio de pasajeros .....	146
<b>7.ILUMINACIÓN .....</b>	<b>147</b>
7.1 DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN DE LOS CAMINOS EN ESTUDIO .....	148
7.2 CÁLCULOS .....	148
7.2.1. Determinación del Nivel de Iluminancia Media (Em) .....	149
7.2.2 Disposición de las Luminarias.....	151
7.2.3. Características de las Columnas .....	153



<b>8. ESTUDIO HIDROLÓGICO .....</b>	<b>154</b>
8.1. ESTUDIOS ANTECEDENTES VINCULADOS A LA RUTA PROVINCIAL N° 6 .....	154
8.1.1 <i>Clima</i> .....	154
8.1.2 <i>Régimen de Precipitaciones</i> .....	155
8.1.3. <i>Precipitaciones máximas</i> .....	156
8.2 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL .....	157
8.3 PARÁMETROS DE DISEÑO RELACIONADOS CON LA CUENCA .....	158
8.3.1 <i>Estudio Topográfico</i> .....	158
8.3.2 <i>Estimación de las Crecientes en la Cuenca del Río Santa Lucía</i> .....	161
8.4. PARÁMETROS NECESARIOS PARA DETERMINAR CAUDAL DE DISEÑO.....	164
8.4.1 <i>introducción</i> .....	164
8.5. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE LOS ESTEROS DEL BATEL Y BATELITO.....	165
8.5.1. <i>Clima y Precipitación</i> .....	166
8.5.2. <i>Área de la cuenca</i> .....	167
8.5.3. <i>Forma de la cuenca</i> .....	167
8.5.4. <i>Uso del suelo</i> .....	168
8.5.5. <i>Suelos de la Cuenca en Estudio</i> .....	168
8.5.6 <i>Precipitaciones</i> .....	168
8.5.7. <i>Datos pluviométricos</i> :.....	176
8.6. CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN.....	178
8.7. CÁLCULO DE CAUDAL A PARTIR DEL MÉTODO DEL SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS (SCS) .....	181
8.8. EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE ARTE EN LA RUTA PROVINCIAL N°6.....	184
8.8.1 <i>Relevamiento de Alcantarillas y Estado de Conservación</i> .....	184
8.8.2 <i>Objetivo del Proyecto</i> .....	184
8.8.3 <i>Cálculo de Caudales y Parámetros Hidráulicos</i> .....	184
8.8.4. <i>Planillas y Cálculos Hidrológicos</i> .....	184
8.8.5 <i>Comportamiento Hidrológico e Hidráulico</i> .....	186
8.9. READECUACIÓN DE LAS OBRAS DE ARTE EXISTENTES EN LA SUBCUENCA DE ESTUDIO .....	187
<b>9. COMPUTO Y PRESUPUESTO.....</b>	<b>192</b>
9.1 INTRODUCCIÓN.....	192
9.2 COSTO DE LA MANO DE OBRA .....	192
9.3. ÍTEMS .....	192
<b>10. EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>195</b>
10.1 INTRODUCCIÓN .....	195
10.2 EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	196
10.2.1 <i>Aspectos Generales</i> .....	196
10.2.2 <i>Cálculo de la Siniestralidad Vial</i> .....	197
10.2.3 <i>Síntesis de los indicadores</i> .....	200
10.3 FLUJO DE FONDOS DE LAS ALTERNATIVAS Y CONSOLIDADO.....	201
10.3.1. <i>Flujo de Fondos de la alternativa sin proyecto. (Elaboración propia).</i> .....	201
10.3.2. <i>Flujo de Fondos de la alternativa con proyecto. (Elaboración propia).</i> .....	202
10.3.3. <i>Flujo de Fondos consolidado. (Elaboración propia)</i> .....	203
10.4 CRITERIOS DE DECISIÓN .....	204
1) <i>VAN (Valor Actual Neto)</i> .....	204
2) <i>TIR (Tasa interna de retorno)</i> .....	204
<b>11. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>205</b>
<b>12. IMÁGENES ILUSTRATIVAS.....</b>	<b>206</b>





# 1.INTRODUCCION

Este informe tiene como propósito presentar el anteproyecto para la readecuación de la intersección entre la Ruta Nacional N°118 y la Ruta Provincial N°6, ubicada en la provincia de Corrientes, Argentina, con conexión al departamento de Mburucuyá y Concepción. El objetivo principal del proyecto es optimizar la transitabilidad, mejorar la seguridad vial y promover el desarrollo regional mediante la implementación de infraestructuras viales readecuadas.



Fig. N°1 - Ubicación de la Provincia de Corrientes dentro del territorio Nacional – Fuente: Mapoteca



## 1.2 Contexto Geográfico: Características de la Ciudad de Corrientes

Corrientes es la capital de la provincia homónima y se encuentra estratégicamente ubicada en la región noreste de Argentina. Su posición geográfica la convierte en un nodo crucial para la conectividad regional y nacional. La ciudad se asienta a orillas del río Paraná, otorgándole un rol significativo en el comercio fluvial y la actividad portuaria.

La ciudad presenta características geográficas y climáticas particulares. Su topografía es predominantemente llana, lo que facilita la planificación y el diseño geométrico de infraestructuras viales. Además, el clima subtropical sin estación seca favorece la actividad agrícola y ganadera en la región, potenciando la importancia económica de la ciudad.

## 1.3 Objetivo

Se desarrolla un anteproyecto orientado a mejorar la intersección de dos rutas clave en nuestra provincia. El objetivo principal de esta iniciativa es optimizar la circulación vehicular y garantizar la seguridad de todos los usuarios que transitan por estas vías.

El anteproyecto contempla **la implementación de una rotonda moderna** en la intersección de las rutas mencionadas, con el fin de organizar el flujo de tráfico de manera eficiente y reducir los riesgos de accidentes.

También se propone **la intervención** desde el punto de vista hidráulico, de un tramo específico perteneciente a la ruta provincial n°6. Se evaluará las condiciones hídricas existentes y se propondrá soluciones para el correcto funcionamiento de las obras de arte.

Se plantea también, la iluminación de todo el cruce e inclusión de una dársena destinada al ascenso y descenso de pasajeros, lo que facilitará el acceso seguro a los medios de transporte público y promoverá una movilidad más fluida y ordenada en la zona. Con esta medida se busca mejorar la experiencia de los usuarios y también fomentar el uso del transporte público como una alternativa sustentable y eficiente de movilidad urbana.



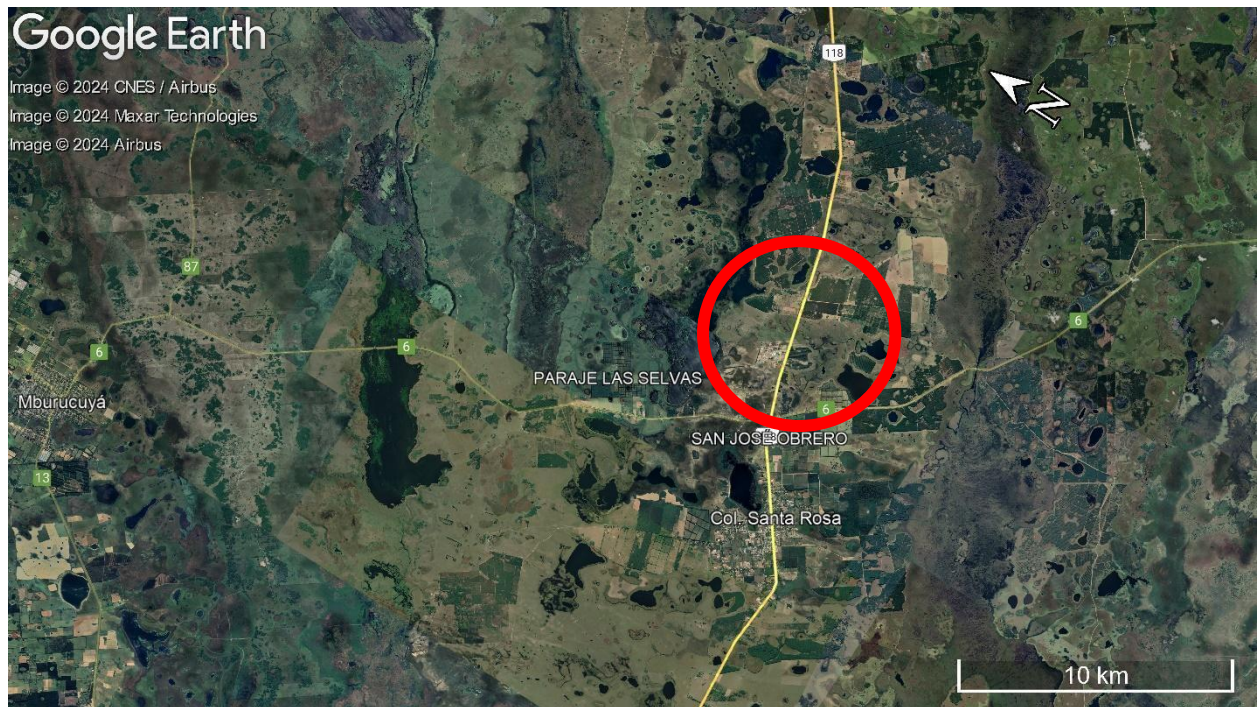


Fig. N°2 - Ubicación del cruce RN. N°118 – RP. N°6 – Provincia de Corrientes – Fuente: Google Earth



Fig. N°3 - Intersección R.N. N°118 – R.P. N° 6 – Fuente: Google Earth

Esta intersección en la actualidad se encuentra en un estado deficiente con presencia de baches y con poca iluminación, la cual perjudica al usuario, siendo de importancia ya que dicha intersección conecta la ruta nacional N° 118 con los accesos, hacia el Noroeste con el municipio de Mburucuyá y hacia el Sureste con el municipio de Concepción del Yaguararé Corá en donde se encuentra ubicado uno de los portales a los Esteros del Iberá (portal carambola).





Fig. N°4 - Estado actual de la intersección – Fuente: Google Earth

Esta intersección representa un punto estratégico a nivel turístico tanto provincial como nacional, por estar vinculado con dos grandes áreas de reservas naturales.

Además, la intervención de la Ruta Provincial N° 6 hasta el Municipio de Mburucuyá se presenta como una oportunidad para potenciar el desarrollo económico y turístico de la región, conectando de manera eficiente a este municipio con la red vial principal.

Siendo importante destacar que dicha ruta conecta con el acceso al Parque Nacional de Mburucuyá que se convierte en una atracción turística con un centenar de lagunas, el Estero Santa Lucía, la Cañada Frágosa y una maravillosa biodiversidad, donde se destacan el ciervo de los pantanos, carpinchos, zorros, guazunchos, tatú mulita y el aguará guazú.

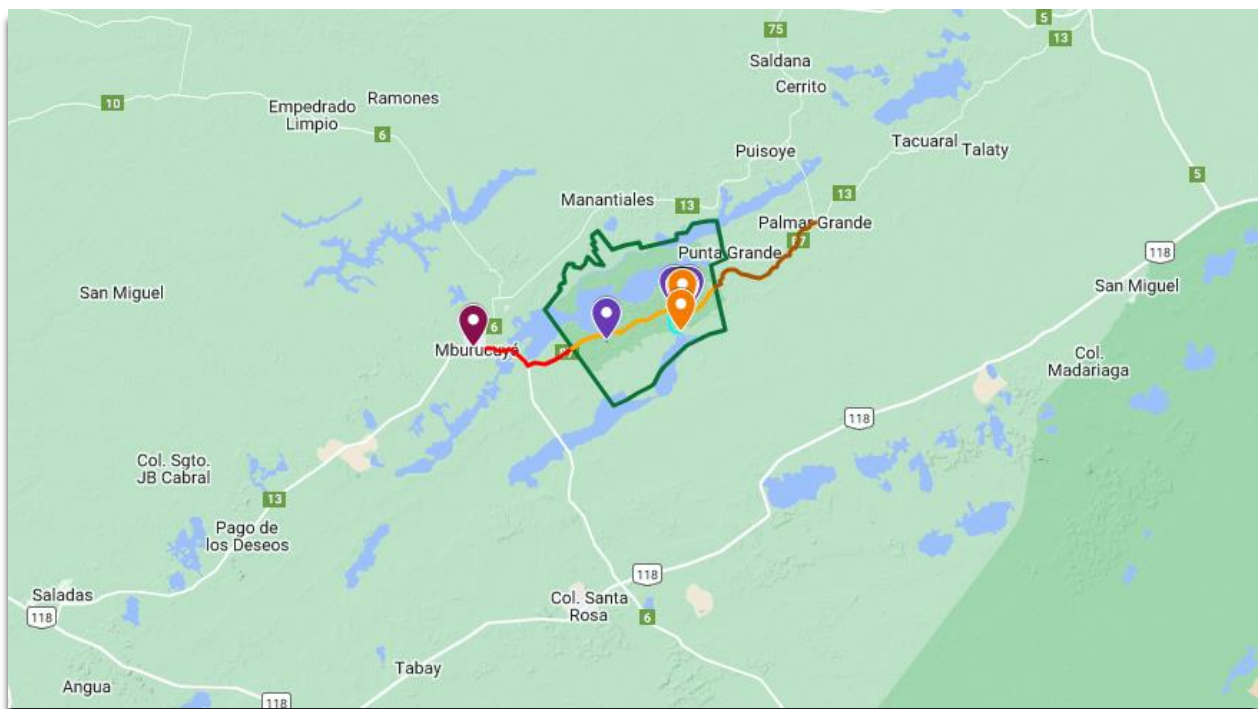


Fig. N° 5 - Parque nacional Murucuyá - Departamento de Murucuyá – Provincia de Corrientes  
– Fuente: Google Maps





La Ruta Provincial N°6 posee un ripio de calidad relativamente regular que permite una circulación adecuada en condiciones de clima seco. Sin embargo, durante los días de lluvia, el camino se vuelve significativamente complicado, afectando tanto la transitabilidad como la seguridad de los usuarios. En estas condiciones, se restringe el acceso a vehículos pesados con el objetivo de evitar el deterioro acelerado de la vía y garantizar la seguridad vial, ya que el peso y las maniobras de estos vehículos pueden agravar las condiciones del terreno y generar mayores riesgos para el tránsito.



Fig. N° 6 - Estado actual de la Ruta provincial N° 6. Fuente: Foto tomada por nosotros

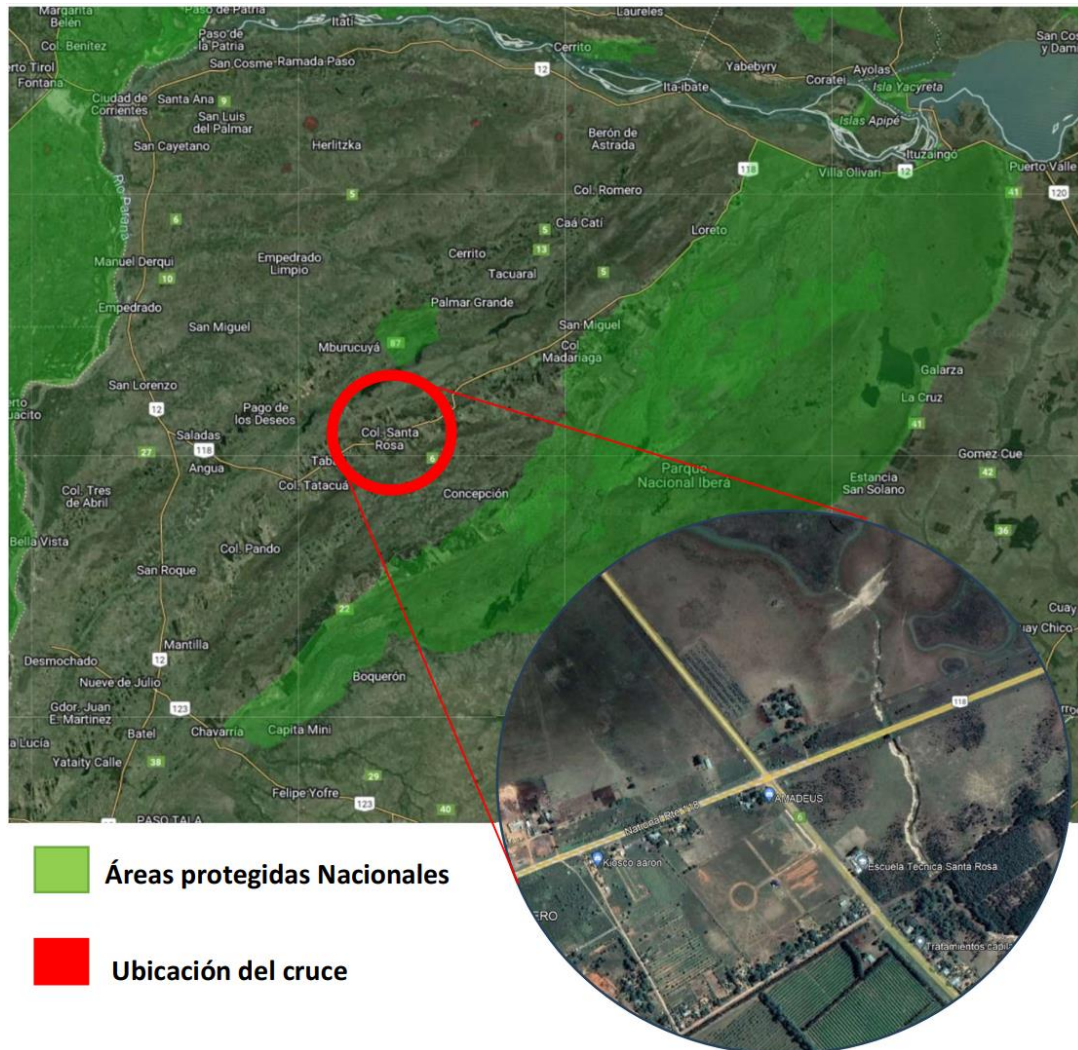


Fig. N° 7 – Ubicación del cruce con localización de las áreas protegidas nacionales –  
Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google Earth.

La intersección de la Ruta Nacional N°118 y la Ruta Provincial N°6 representa un punto estratégico de acceso a estos atractivos naturales. Por lo tanto, la realización de un anteproyecto para mejorar esta intersección es fundamental por las siguientes razones:

- **Acceso a Zonas Protegidas de Importancia Nacional:** La intersección propuesta es una vía principal para acceder al Parque Nacional Mburucuyá y a los Esteros del Iberá, dos áreas protegidas de gran relevancia a nivel nacional. Facilitar un acceso eficiente y seguro es esencial para permitir que turistas y visitantes puedan disfrutar y apreciar estas joyas de la naturaleza.
- **Desarrollo del Turismo Sostenible:** El turismo en áreas naturales protegidas puede desempeñar un papel crucial en la conservación del medio ambiente y en el desarrollo económico local. Mejorar la infraestructura vial en la intersección permitirá un flujo más fluido de visitantes, fomentando así el turismo sostenible y responsable que contribuye a la preservación de estos ecosistemas.





Corrientes cuenta con un potencial turístico considerable, y las áreas naturales protegidas son una atracción principal tanto para los turistas nacionales como internacionales. Una intersección eficiente y bien diseñada no solo facilitará el acceso a estas zonas, sino que también promoverá la visita de turistas de otras regiones del país y del extranjero, generando ingresos y oportunidades de desarrollo para la región.

- Seguridad Vial: La mejora de la intersección no solo tiene beneficios turísticos, sino también en términos de seguridad vial. Una infraestructura adecuada reduce el riesgo de accidentes y mejora la experiencia de viaje tanto para los residentes locales como para los visitantes.
- Facilitar el acceso a las áreas protegidas, promover el turismo sostenible y garantizar la seguridad vial son aspectos fundamentales que justifican esta iniciativa.

Como conclusión de este capítulo, la realización de un anteproyecto para mejorar la intersección de las Rutas Nacional N°118 y Provincial N°6 en la provincia de Corrientes es esencial para aprovechar el potencial turístico y económico de la región. Al cierre de esta introducción, es importante destacar los diversos aspectos que se abordarán a lo largo de este informe.

En primer lugar, se presentará el informe con la visita a la zona del lugar, donde explicaremos lo que observamos y detallaremos el estado actual de la intersección, en segundo lugar, estará el estudio de suelo de la zona donde se analizarán las características geotécnicas del terreno para garantizar la estabilidad y durabilidad de la estructura. Posteriormente, se presentará un estudio de tránsito, fundamental para entender los flujos vehiculares en la intersección y así dimensionar adecuadamente la rotonda. Con base en estos datos, se desarrollará el paquete estructural del pavimento, donde se analizarán los parámetros teóricos fundamentales para nuestra zona, que garantizan la calidad y resistencia del pavimento asegurando que se cumplan los estándares. El diseño geométrico de la rotonda será otro punto clave, abarcando no solo la geometría de la rotonda, sino también el señalamiento tanto vertical como horizontal, asegurando una adecuada circulación y seguridad para los usuarios. Además, se abordarán aspectos relacionados con la iluminación y parquización, elementos esenciales para la seguridad y estética del espacio.

En un tramo de la ruta provincial N° 6 se incluirá una descripción hidrológica de la zona, destacando las readecuaciones necesarias para el correcto drenaje y prevención de inundaciones.

El informe también incluirá un cómputo y presupuesto, proporcionando una estimación de los recursos requeridos para llevar a cabo el proyecto. Seguido de esto, se presentará una evaluación económica, analizando la viabilidad y los beneficios esperados de la implementación.

Finalmente, se concluirá con la presentación final del anteproyecto, donde se integrarán todos los elementos mencionados, ofreciendo una visión completa de la propuesta y su impacto en la mejora del cruce de rutas en la provincia de Corrientes. Con estos capítulos, se busca no solo presentar un diseño funcional, sino también contribuir al desarrollo sostenible y a la seguridad vial en la región.



## 2. RELEVAMIENTO Y ESTADO ACTUAL

### 2.1 Observaciones del Relevamiento en Campo

El relevamiento realizado por los integrantes del equipo permitió identificar las siguientes condiciones en el lugar:

#### 1. Estado de la calzada existente

- La calzada de la Ruta Nacional N.º 118 presenta signos de deterioro avanzado, con ahuellamientos superficiales, baches de bordes, desprendimientos de agregados y demás problemas que dificultan una circulación segura y cómoda.
- Las banquetas son irregulares y deficientes, lo que impide su uso adecuado como espacio de emergencia o de contención para vehículos pesados.

#### 2. Condiciones de la Ruta Provincial N.º 6

- La Ruta Provincial N.º 6 es un camino de ripio, que se encuentra en condiciones desfavorables para soportar tráfico pesado.
- Existe señalización que prohíbe el tránsito de vehículos pesados debido a las dificultades de circulación que se agravan en días de lluvia, cuando el terreno se vuelve intransitable.

La intersección presenta un deterioro generalizado, con falta de señalización adecuada y ausencia de infraestructura que permita ordenar los flujos de tránsito. El diseño actual carece de elementos de seguridad vial, lo que contribuye a la generación de conflictos frecuentes entre vehículos livianos, pesados y maquinaria agrícola.

#### Observaciones de los Usuarios Locales

Durante el relevamiento, se llevaron a cabo entrevistas informales con habitantes y usuarios frecuentes de la intersección. Según sus comentarios:

- La zona es percibida como altamente conflictiva debido al elevado flujo de vehículos pesados, especialmente camiones.
- Las maniobras de ingreso y egreso a la intersección resultan peligrosas, particularmente para vehículos livianos que deben compartir espacio con camiones de gran porte.
- Los accidentes de tránsito son frecuentes, y suelen involucrar colisiones frontales y laterales, así como vuelcos debido a las condiciones deficientes de las banquetas.



### Problemas Identificados

A partir del relevamiento y las observaciones recopiladas, se identificaron los siguientes problemas clave:

1. Deterioro de las calzadas en ambas rutas que componen la intersección.
2. Diseño inadecuado para gestionar el tráfico mixto (liviano y pesado).
3. Ausencia de elementos de seguridad vial, (señalización vertical y horizontal adecuada).
4. Limitaciones operativas de la Ruta Provincial N.º 6, lo que agrava la conectividad en días de lluvia.
5. Falta de infraestructura en las banquetas, que contribuye al riesgo de vuelcos o accidentes por pérdida de control del vehículo.

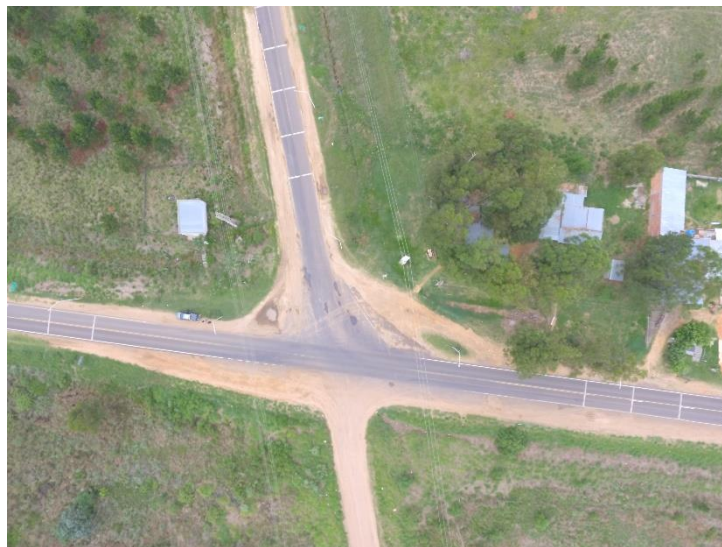


Fig. N°8 y 9. Estado actual de la intersección. Fuente: Foto tomada por nosotros.





Fig. N°10 y 11. Baches de borde y deterioro de banquina. Fuente: Foto tomada por nosotros.



Fig. N°12. Ahuellamiento existente. Fuente: Foto tomada por nosotros.



Fig. N°13. Señalización vertical, información sobre el parque nacional Mburucuyá. Fuente: Foto tomada por nosotros.



Fig. N°14. Presencia de vehículos pesados. Fuente: Foto tomada por nosotros.





Fig. N°15. Estado del ripio en la Ruta provincial N°6. Fuente: Foto tomada por nosotros.



Fig. N°16. Alcantarilla existente sobre la R.P. N°6. Fuente: Foto tomada por nosotros.





## 3. ESTUDIO DE SUELO

### 3.1. INTRODUCCION

En este capítulo se lleva a cabo la determinación de los parámetros mecánicos y físicos del suelo correspondientes al anteproyecto.

Para identificar el tipo de suelo presente en la intersección, se consultaron estudios realizados por parte de la Dirección Provincial de Vialidad en la R.P. N°6, en el tramo de la R.N, N°118 y el acceso a Mburucuyá, para ello se consideró las ultimas progresivas de estudio donde, como se puede ver en el plano siguiente, nos será de utilidad, ya que se encuentra en la zona donde se construirá la rotonda.

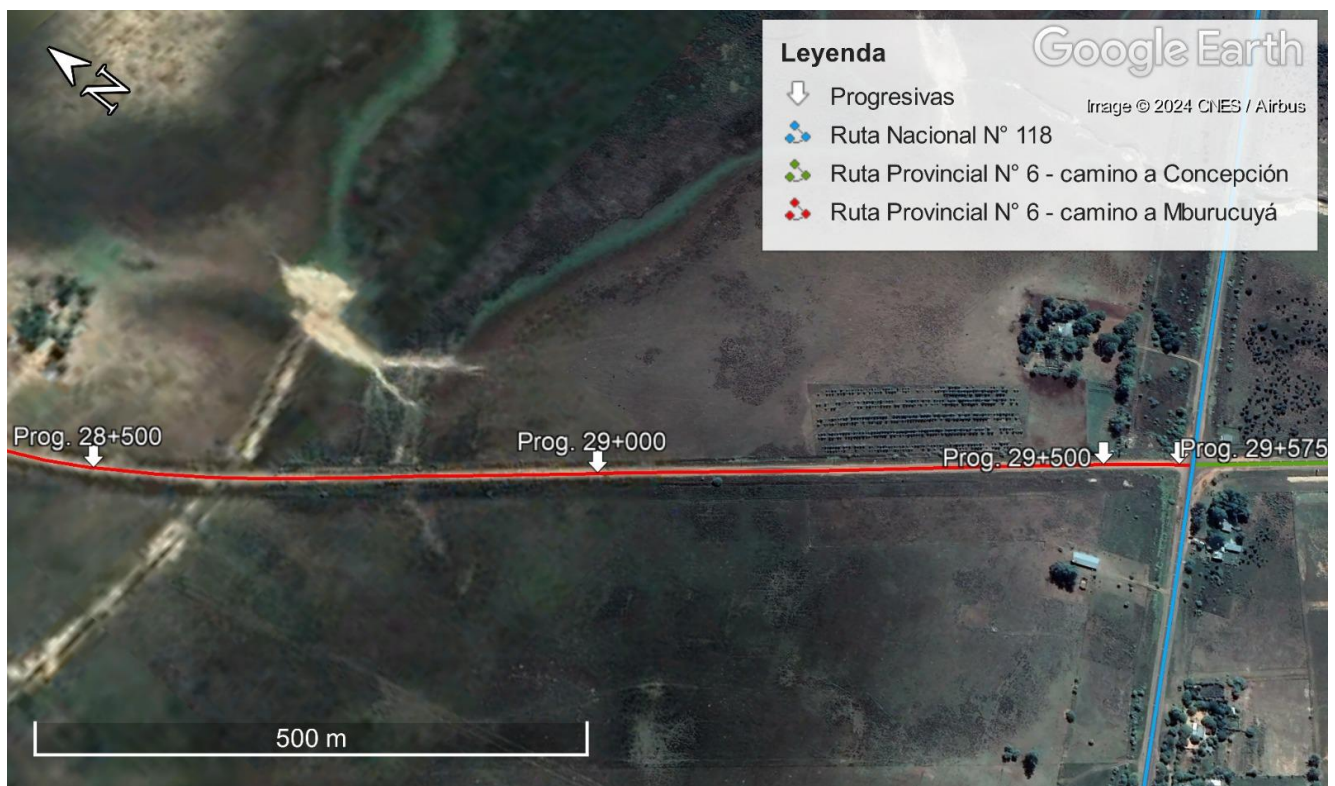


Fig. N° 17. Ultimas progresivas dentro de la ruta provincial n°6. Fuente: de elaboración propia con información de DPV.



## 3.2. Información del estudio realizado de parte de D.P.V:

### 3.2.1 LIMITES DE ATTERBERG, TAMIZADO POR VIA HÚMEDA, CLASIFICACIÓN HRB

Norma:

VN-E1-65 Tamizado de suelo por vía húmeda

VN-E2-65 Limite  
Liquido

VN-E3-65 Limite Plástico, Índice de  
Plasticidad

VN-E4-84 Clasificación de suelos HRB

PROG.	CAPA	MANTO		ESPESOR	TAMIZ No 10	TAMIZ No 40	TAMIZ No 200	LL	LP	IP	HRB	IG	HUMEDA D NATURAL	NAPA
		[m]	[m]		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]			[%]	m
27,300	M2	0,30	1,10	0,80	100	94	4	0,0	0,0	0,0	<b>A-3</b>	<b>0</b>	15%	
<b>28,300</b>	M1	0,00	0,25	0,25	100	94	13	0,0	0,0	0,0	<b>A-2-4</b>	<b>0</b>	9%	1,20
28,300	M2	0,25	1,20	0,95	100	96	7	0,0	0,0	0,0	<b>A-3</b>	<b>0</b>	14%	
<b>29,000</b>	M1	0,00	0,55	0,55	100	93	6	0,0	0,0	0,0	<b>A-3</b>	<b>0</b>	11%	1,10
29,000	M2	0,55	1,10	0,55	100	94	5	0,0	0,0	0,0	<b>A-3</b>	<b>0</b>	17%	
<b>29,400</b>	M1	0,00	0,10	0,10	100	95	6	0,0	0,0	0,0	<b>A-3</b>	<b>0</b>	7%	1,10
29,400	M2	0,10	0,25	0,15	100	95	19	15,2	9,1	6,0	<b>A-2-4</b>	<b>0</b>	10%	
29,400	M3	0,25	1,10	0,85	100	96	9	0,0	0,0	0,0	<b>A-3</b>	<b>0</b>	12%	

Tabla N°1. LIMITES DE ATTERBERG, TAMIZADO POR VIA HÚMEDA, CLASIFICACIÓN HRB.

Fuente: Vialidad Provincial de Corrientes

(Ver plano N° 1 en Anexo).



SUELO		HRB	IG		LL		LP		IP		PASA#200	
TIPO	%		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
A	53	A-2-4(0)	0	0	0	22,9	0	13,4	0	9,5	11	32
			0		6,8		4,9		2		18	
B	3	A-2-6(0)	0	0	26,8	26,8	14,1	14,1	12,7	12,7	34	34
			0		26,8		14,1		12,7		34	
C	30	A-3(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10
			0		0		0		0		7	
D	3	A-4(0)	1	1	20,9	20,9	14,2	14,2	6,7	6,7	43	43
			0		20,9		14,2		6,7		43	
E	10	A-6(3)	1	5	27,2	30,9	12,9	14,5	14,3	16,4	38	51
			3		28,8		13,8		15,1		43	
F	3	A-7-6(20)	20	20	54,1	54,1	22,4	22,4	31,7	31,7	68	68
			20		54,1		22,4		31,7		68	
100%												

Tabla N°2. Clasificación de suelo según HRB. Fuente: Vialidad Provincial de Corrientes

### 3.3 Ensayos Proctor y CBR de suelos típicos.

Los valores de densidades y humedades, fueron obtenidos de ensayos Proctor, y figuran en la tabla siguiente:

Norma :	
	VN-E5-93 Compactación de suelos.
	VN-E6-93 Determinación del Valor Soporte e Hinchamiento.

SUEL O TIPO	PROCTOR		VALOR SOPORTE	
	Hop	Dmax	CB R	Hinch.
	%	t/m3	%	%
A	10,0	2,00	10	0,06
B	9,9	2,02	8	0.80
C	7,5	1.90	10	0





D	12, 4	1,90	8	0,70
E	14, 9	1,83	7	1
F	21, 6	1,59	4	1,1

Tabla N°3. Proctor y Valor Soporte Relativo con el suelo correspondiente a utilizar en la intersección. Fuente: Vialidad Provincial de Corrientes

Podemos observar, que en la progresiva de interés (+29.400) se encuentra un suelo según HRB, A-3, que, dada la clasificación, será tipo C con un **CBR = 10** y un Porcentaje de Hinchamiento= 0%, con estos datos se realiza el dimensionamiento del paquete estructural a utiliza.



## 4. ESTUDIO DE TRANSITO

### 4.1 INTRODUCCION

El propósito fundamental del análisis de tráfico es determinar la demanda actual y futura del flujo vehicular en el tramo específico entre las intersecciones de la Ruta Nacional 118 y de la Ruta Provincial 6 que se está evaluando. Esta información resulta crucial para los siguientes pasos del proyecto, que incluyen el análisis de la Capacidad Vial del tramo y aspectos relacionados con el diseño y cálculos estructurales, tales como la construcción de una Rotonda, diseño de paquete estructural y colocación de banquetas. El estudio de tráfico propuesto para este proyecto de ingeniería tiene como objetivo principal identificar el flujo de vehículos que cruzara la intersección, determinando los volúmenes de tráfico, los tipos de vehículos presentes y su distribución porcentual.

### 4.2 Análisis y métodos a utilizar

La cantidad y carga de ejes pesados que actúan durante el período de diseño, son los que, en mayor medida, afectan el desempeño del pavimento, por lo que resultan parámetros fundamentales a estudiar durante la etapa de diseño. Estos factores se desprenden del tránsito medio diario de camiones en ambas direcciones, la proyección del tránsito durante el período de diseño y las cargas por eje de los mismos.

Existen, en general, tres enfoques para tratar la variable tránsito. La más simple resulta ser la que considera un único tipo de vehículo en el diseño, en el cual suele prescindirse de la incidencia del resto de los vehículos que circulan por el pavimento. Los otros dos consideran un tránsito mixto o bien tomando los diferentes grupos de ejes en forma directa y analizando su influencia en el desempeño en servicio, o bien convirtiéndolos a ejes equivalentes con un determinado peso en función del efecto destructivo que generan sobre la estructura.

Para los pavimentos de aeropuertos o zonas industriales se puede adoptar el primero de los enfoques, ya que puede considerarse que un único vehículo pesado domina el diseño y que el resto de las cargas resultan muy livianas como para producir daño.

Los pavimentos de calles, rutas y autopistas, en cambio, están sujetos a un tránsito mixto, por lo que en esos casos no puede adoptarse un único vehículo de diseño, sino que es necesario analizar la influencia del conjunto de cargas en la estructura del pavimento.

En algunas metodologías, como el método de la PCA de 1984 y el ACPA StreetPave, se analiza el daño producido por cada una de las cargas previstas durante el período de diseño.

El método AASHTO, en cambio, se basa en el concepto de eje equivalente para el diseño con tránsitos mixtos. Para ello se desarrollaron factores de equivalencia para los distintos tipos de ejes y cargas según el espesor de calzada y la serviciabilidad final aceptable, que permiten correlacionar el daño de cada eje respecto al que produce un eje simple de 80 kN.



La cantidad de ejes de cada tipo y carga se multiplican por los factores de equivalencia correspondientes y se determina la cantidad de ejes simples de 80 kN que producen un daño equivalente al tránsito previsto.

### **Volumen de tránsito**

Se denomina volumen de tránsito al número de vehículos que pasan por un tramo dado durante un período de tiempo. El Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) es una medida fundamental del tránsito y, en el sentido estricto, se define como el volumen de tránsito total anual dividido por el número de días del año.

El tránsito medio diario actual se puede obtener mediante contadores instalados en las carreteras, censos vehiculares en el lugar de la futura construcción o en lugares próximos, o por medio de mapas de volumen de tránsito. Luego, se debe estimar la evolución del tránsito durante el período de diseño para determinar el tránsito medio diario de diseño TMDD.

### **Clasificación vehicular**

El tránsito que circula por un camino puede clasificarse, desde el punto de vista estructural, en dos grandes grupos, a saber:

- Vehículos livianos: Forman parte de este grupo los automóviles, camionetas, furgones, utilitarios y todo otro vehículo cuyas características de operación se asemejen a las de los automóviles. Se caracterizan por contar, como máximo, con cuatro neumáticos y dado que no generan daño significativo en la estructura del pavimento, muchas metodologías prescinden de su estudio en la etapa de diseño estructural.
- Vehículos pesados: En este conjunto aparecen todos los vehículos de seis o más neumáticos, entre los que se incluyen a los ómnibus, camiones, camiones con acoplado, semirremolques y todo otro vehículo cuyas características de operación sean similares a las de los camiones. Son los que determinan la capacidad estructural necesaria, por lo que el estudio de tránsito se enfoca en el análisis de la composición de este grupo, en especial en lo que respecta a la distribución por configuración de ejes y las distribuciones de carga para cada tipo de eje.

La ley de tránsito (Ley 24449) establece las exigencias comunes para los vehículos de transporte en cuanto a dimensiones y pesos permitidos en Argentina.

### **Período de diseño**

Otro elemento a considerar en el estudio de tránsito es el Período de Diseño (PD), que es muchas veces considerado sinónimo del período de análisis del tránsito, dado que éste no puede ser estimado en forma precisa para plazos muy prolongados. El período normalmente usado en el diseño de espesores de pavimentos de hormigón es de 20 a 40 años, adoptando un periodo de 25 años.

De todas maneras, el empleo de Períodos de Diseño superiores puede justificarse económicamente para algunas arterias de elevado volumen de tránsito. Tan es así que se ha vislumbrado en el exterior que, para algunas vías principales, suele considerarse en el estudio el diseño de pavimentos de hormigón con una expectativa de vida en servicio superior a los 40 años.





A los pavimentos de este tipo se los denomina internacionalmente como "Long-life Concrete Pavements".

### **Proyección**

Uno de los aspectos de mayor importancia en la definición de la demanda de tránsito es la determinación del nivel de crecimiento. Los factores que inciden en su evaluación pueden ser variados, tales como: el crecimiento demográfico, el incremento de la movilidad de la población, el desarrollo industrial, así como el incremento del tránsito que se desarrolla a partir de la construcción de la obra.

El principal objetivo es conocer y prever la evolución del tránsito en función de los factores que pueden influir sobre el mismo, dentro de los cuales es posible mencionar aspectos socio-económicos, aspectos ligados a la oferta (existencia o no de infraestructuras, economías, ahorros de tiempo, seguridad, frecuencia, velocidad), así como aspectos disuasivos (como los mayores costos y tiempo de viajes, incomodidad, incertidumbre).

Los factores que influyen en las tasas de crecimiento anual y en la proyección del tránsito durante el período de análisis son los siguientes:

- Crecimiento normal del tránsito: incremento debido a un mayor número y uso de los vehículos.
- Tránsito atraído: incremento del tránsito debido a las mejoras del camino existente.
- Tránsito generado: incremento debido al mayor número de viajes que no hubiesen sido efectuados si los nuevos medios no hubiesen sido construidos.
- Tránsito desarrollado: incrementos debido a cambios en el uso de la tierra por la construcción de la nueva vía.

Los efectos combinados en los cuatro factores antes mencionados dan como resultado tasas de crecimiento anual que, generalmente, oscilan entre el 2% y el 6%. Ante situaciones no muy definidas de la tasa de crecimiento, es conveniente adoptar valores superiores a los esperados, teniendo en cuenta que el porcentaje de aumento de camiones siempre resulta algo inferior al de los vehículos livianos.

Luego, para aquellas situaciones en las que se cuenta con una única tasa de crecimiento (i) durante el período de análisis, se puede determinar el tránsito de diseño a partir del factor de proyección. Una manera de estimarlo consiste en emplear la media entre el valor del tránsito inicial y el correspondiente al final del período de diseño:



$$FP = \frac{1 + (1+i)^{PD}}{2}$$

siendo:

*FP*: factor de proyección

*i*: tasa de crecimiento

*PD*: período de diseño

La PCA en cambio, define al factor de proyección como aquél que corresponde al tránsito para la mitad del período de diseño:

$$FP = (1+i)^{\frac{PD}{2}}$$

En tanto, la AASHTO considera el tránsito durante todo el período de diseño:

$$FP = \frac{(1+i)^{PD} - 1}{i \cdot PD}$$

Luego, dado que los estudios de tránsito en general se efectúan considerando ambas direcciones de circulación y en todos los carriles, y con el fin de determinar el tránsito previsto en el carril de diseño, debe multiplicarse el tránsito total por los factores de distribución por sentido y de distribución por carriles.

### **Distribución por sentido de circulación**

En la mayoría de los diseños se asume que los pesos y volúmenes de camiones que circulan en cada sentido son similares, donde cada sentido toma aproximadamente la mitad del tránsito pesado (distribución 50-50).

Esta suposición puede no cumplirse para algún proyecto específico donde, por ejemplo, un mayor número de camiones circulan en una dirección respecto a la contraria. Ante estos casos se debe analizar únicamente la distribución y frecuencias de cargas para el sentido más cargado, a los fines del diseño estructural.



### Distribución por carril de vehículos pesados

Cuando se cuenta con dos o más carriles por sentido, resulta necesario estimar la proporción de camiones que circularán por la trocha derecha (más solicitada) respecto del total que se mueve en la misma dirección.

Para estimar esta distribución, pueden emplearse valores sugeridos por las metodologías de cálculo, las que a partir del número de carriles por sentido y en algunos casos considerando además el volumen total de vehículos livianos, sugieren distintos valores de distribución.

En la siguiente Tabla se resumen los rangos usuales de distribución de camiones en función del número de trochas por sentido, así como los valores de distribución por carril recomendados en cada caso.

Número de carriles por sentido	Distribución recomendada de VP en el carril derecho	Rango recomendado de VP en el carril derecho
1	100 %	100 %
2	90 %	80 % - 100 %
3	70 %	60 % - 80 %
4	50 %	40 % - 75 %
5	40 %	30 % - 60 %

Tabla. N° 4. Proporción de vehículos pesados en el carril derecho. Fuente: MDCPH

## 4.3 Tránsito medio diario de diseño

Se lo define como el volumen medio de vehículos que circulará por el carril de diseño durante el período analizado. Se determina a partir de la aplicación de la siguiente fórmula general:

$$TMDD = TMDA \cdot FP \cdot FDS \cdot FDT$$

Asimismo, el tránsito pesado medio diario de diseño (TPMDD) resulta:

$$TPMDD = TMDA \cdot FP \cdot \%VP \cdot FDS \cdot FDT$$

Siendo:





*TMDD*: Tránsito medio diario de diseño.

*TMDA*: Tránsito medio diario anual (año 0).

*FP*: Factor de proyección de crecimiento de tránsito

*FDS*: Factor de distribución por sentido.

*%VP*: Porcentaje de vehículos pesados.

*FDT*: Factor de distribución por trocha

Luego, el volumen total de vehículos que soportará el carril de diseño, se determina multiplicando el tránsito medio por 365 y por la vida útil prevista en el proyecto.

#### 4.3.1 Distribución de cargas por eje

Según se ha explicado anteriormente, algunas metodologías requieren contar con la distribución de cargas por eje, dado que realizan el análisis individual de todas las cargas que circularán por el pavimento.

Los datos de distribución de cargas de ejes son necesarios para computar las cargas esperadas para los ejes simples, dobles (tándem) y triples (trídem), y pueden ser determinados de alguna de las siguientes maneras:

1. Censos para la determinación de los diferentes tipos de ejes y medición de cargas respectivas.
2. Datos de censos previos del organismo correspondiente (Vialidad Nacional, Provincial o Municipal).
3. Estudios de medición de cargas en movimiento en vías de similares condiciones de tránsito.

Alternativamente, cuando este tipo de estudios no se encuentren disponibles, pueden emplearse métodos basados en el uso de valores representativos para los vehículos que circulan por el pavimento, en función del tipo de tránsito (urbano, rural) y el tipo de vía (arterias principales, secundarias, accesos, etc.).

## 4.4 Ejes Equivalentes

Otra manera de analizar las solicitudes originadas por el tránsito es transformar el espectro de cargas previstas en el diseño en función del número de pasadas de un eje que se adopta como patrón que involucraría idéntico daño o solicitud. Si se emplea para la verificación la Guía AASHTO, el eje empleado como patrón, corresponde al de una carga de eje simple de 18 kips o 80 kN o 8,2tn, cuya unidad es conocida como Eje Equivalente o por la sigla ESAL ("equivalent simple axle load").

Para la transformación de cargas en ejes equivalentes se emplean los factores de equivalencia de cargas.

El factor de equivalencia para una carga X (FEC) surge de la relación que existe entre la cantidad de repeticiones de carga de 8,2 t asociadas a una determinada pérdida de serviciabilidad (APSI), con la cantidad de repeticiones de la carga X que genera la misma pérdida



de serviciabilidad y que, para el caso de ejes simples, podría representarse mediante la siguiente ecuación:

$$FEC_x = \frac{N^{\circ} \text{ rep. de } 8,2 \text{ t asociados al mismo } \Delta PSI}{N^{\circ} \text{ rep. de } X \text{ asociados a un } \Delta PSI}$$

La Guía AASHTO brinda los factores de equivalencia de carga para cada nivel de carga de ejes simples, dobles y triples, que permiten en función de un espesor de calzada tentativo y el nivel de serviciabilidad final aceptado, transformar todas las cargas previstas en el diseño en un número total de ejes equivalentes de 8,2 t.

La transformación a ejes equivalentes puede efectuarse mediante diferentes aproximaciones.

Una alternativa consiste en la transformación de cada una de las cargas previstas en los espectros de ejes simples, dobles y triples, a ejes equivalentes aplicando los correspondientes factores de equivalencia.

Otra alternativa, es efectuar el tratamiento de las cargas por tipo de vehículo y, de esta manera, determinar lo que se conoce como factor equivalente por vehículo o factor de camión FC, que podría representarse según la siguiente relación.

Una vez determinado el factor camión para cada uno de los vehículos previstos, puede determinarse el número total de ejes equivalentes en el carril de diseño, mediante la siguiente ecuación:

$$ESALs = TMDD \cdot \left[ \sum_{i=1}^n (\%V_i \cdot FC_i) \right] \cdot 365 \cdot PD$$

Siendo:

*TMDD*: Tránsito medio diario de Diseño

$\%V_i$ : Proporción de vehículos *i* en el tránsito total.

$FC_i$ : Factor camión del vehículo *i*

*PD*: Período de diseño, en años.

En aquellas situaciones en las que no se dispone de espectros de cargas correspondientes a las condiciones locales y no se dispusieran de antecedentes de estudios en la región de los factores de camión que circulan por la vía a diseñar, puede considerarse el empleo de los factores que habitualmente la Dirección Nacional de Vialidad emplea para la verificación de pavimentos de la red.

Estos factores surgen de los aplicados habitualmente para pavimentos flexibles y mayorados un 50% para su aplicación en pavimento rígido, según se presentan en la siguiente Tabla.



Tipo de Vehículo	Configuración de ejes	Factor "c"	F. Camión Flexible	F. Camión Rígido
Automóviles	11	0,01	0,044	0,066
Ômnibus	11	0,07	0,308	0,462
Camiones sin acoplado	11	0,6	2,64	3,96
	12	0,38	2,508	3,762
Camiones con acoplado	11-11	0,6	5,28	7,92
	11-12	0,39	4,29	6,435
	12-11	0,47	5,17	7,755
	12-12	0,32	4,224	6,336
Semirremolque	111	0,54	3,564	5,346
	112	0,45	3,96	5,94
	113	0,41	4,51	6,765
	122	0,35	3,85	5,775
	123	0,4	5,28	7,92

Tabla N°5. Factores de Camión sugeridos para el diseño de pavimentos. Fuente: Vialidad Nacional.

## 4.5 TASA DE CRECIMIENTO Y PROYECCIÓN DE TRÁNSITO

Para determinar el comportamiento del flujo vehicular a futuro de la Ruta Nacional 118 se ha empleado información estadística de diversos factores, ya sea independientes o dependientes de las características de la vía. Esta información se ha integrado en una fórmula matemática de tipo exponencial que relaciona la tasa de crecimiento anual con un período de tiempo determinado y los datos actuales de la magnitud analizada. De este modo, se puede estimar el valor futuro de estos factores:

- Población.
- Parque automotor.
- Tránsito diario medio anual (TMDA).
- Producción agrícola.

### Tasa de crecimiento

Para determinar la tasa de crecimiento para todos los factores a considerar, se aplicará la siguiente ecuación:

$$r_i = (P_f / P_0)^{1/n} - 1$$

Dónde:



$r_i$  = Tasa de crecimiento del departamento.

$P_f$  = último dato de la serie

$P_0$  = primer dato de la serie

$n$  = números de años de la serie

## Población

Según tabla brindada por el INDEC

Población estimada al 1 de julio de cada año calendario por sexo, según departamento. Provincia de Corrientes. Años 2010-2025

Ambos sexos

Departamento	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Total	1.017.731	1.028.248	1.038.786	1.049.325	1.059.836	1.070.283	1.080.655	1.090.938	1.101.084	1.111.052	1.120.801	1.130.320	1.139.604	1.148.631	1.157.386	1.165.860

Tabla N°6. Cantidad de población Corrientes. Fuente: INDEC.

Se puede observar que la tasa de crecimiento de la Ciudad de Corrientes es de:

$R_i = 0,91\%$

## PARQUE AUTOMOTOR

La información analizada se tomó de la **Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFA)** que agrupa a doce terminales automotrices que producen automóviles, vehículos utilitarios livianos y pesados; además de componentes de transmisión, cajas y motores en la Argentina.

### Parque automotor para la provincia de Corrientes

Año	Automoviles	Livianos	Transporte de cargas	Transporte de pasajeros	Total general
2022	161.909	53.247	18.327	1.614	235.097
2021	162.031	53.349	14.038	1.605	231.023
2020	162.332	53.548	18.043	1.585	235.508
2019	162.594	53.854	18.088	1.577	236.113
2018	163.316	54.033	18.179	1.553	237.081
2017	163.560	54.137	18.083	1.548	237.328
2016	163.813	54.273	18.081	1.546	237.713

Tabla N°7. Parque automotor. Fuente: Tabla de elaboración propia con información del ADEFA

$R_i = -0,158\%$  (tasa negativa, no representativa)

## TRANSITO MEDIO DIARIO ANAUAL (TMDA)

La capacidad de la intersección también se ve influenciada por el TMDA. Es decir, cuántos vehículos puede manejar la intersección de manera eficiente y segura. Si el TMDA es alto, es probable que la capacidad de la intersección sea un factor limitante, lo que significa que se deben

implementar medidas para aumentarla, como agregar carriles adicionales o mejorar la sincronización de los semáforos.

El TMDA proporciona una estimación del volumen promedio de vehículos que transitan por una vía en un año. Esta información es crucial para dimensionar adecuadamente la intersección. Por ejemplo, un TMDA alto sugiere una mayor cantidad de vehículos que necesitan fluir a través de la intersección, lo que puede requerir carriles adicionales, ensanches de la calzada o incluso la implementación de sistemas de control de tráfico como semáforos o rotondas.

Además, el TMDA influye en la selección del tipo de intersección más adecuado. Dependiendo de la cantidad de tráfico y de otros factores como la velocidad y la seguridad, se pueden elegir diferentes configuraciones de intersecciones, como rotondas, intersecciones a nivel, intercambiadores u otras variantes. Un TMDA alto puede requerir una intersección más compleja con semáforos y carriles adicionales, mientras que un TMDA bajo puede permitir una intersección más simple sin semáforos y con menor número de carriles.

Recurrimos a la información según el censo de cobertura realizado por Vialidad Nacional para la ruta 118 entre el tramo acceso a saladas y la intersección ruta provincial 5.

## Ruta: 0118

## Distrito: 10 - Corrientes

Límites del Tramo	Inicio	Fin	TMDA
ACC.A SALADAS- INT.R.P.5 (I)	4,6	136,88	1630

## Información adicional de la Estación

### Serie Histórica

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
TMDA	1386	1320	1380	1500	1424	1348	1087	1280	1630

Tabla N°8. Serie historia de TMDA Fuente: vialidad nacional

Tasa de crecimiento  $R_i = 2,047\%$

## PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En relación a la producción, se ha examinado la zona de influencia productiva que depende del tramo de carretera en consideración. Dada la relevancia de la provincia de Corrientes como principal productora de arroz en el país hasta la fecha, con la explotación de este producto presente en todos sus departamentos, se ha tomado como punto de referencia para determinar la tasa de crecimiento que impacta directamente en el transporte por carretera.



Evolución de la producción de arroz en la Provincia de Corrientes						
Campaña	Sup. Sembrada (HA)	Variación (%)	Rendimiento promedio (Kg/Ha)	Variación (%)	Producción (tn)	Variación (%)
2009/10	76433	---	5300	---	405095	---
2010/11	103227	35	6740	27	695311	72
2011/12	97152	-6	6730	0	642521	-8
2012/13	101589	5	6638	-1	639887	0
2013/14	104650	3	6600	-1	682187	7
2014/15	101500	-3	6700	2	650030	-5
2015/16	88200	-13	6410	-4	557798	-14
2016/17	91500	4	6500	1	592960	6
2017/18	94700	3	7200	11	674600	14
2018/19	91400	-3	6109	-15	558400	-17
2019/20	92500	1	6500	8	608900	9
2020/21	91500	-1	8000	22	732000	20

Tabla N°9. Evolución de la producción de arroz en Corrientes. Fuente: agrositio.com.ar.

Ri= 5,05%

#### 4.5.1. RESULTADO FINAL (tasa de crecimiento adoptada)

La tasa de crecimiento que se adopta es un promedio ponderado de los "ri":

Por población 20%

Parque automotor 20%

TMDA 40%

Producción agrícola 20%

$$Ri = \frac{(0,20*0,91\%)+(0,20*-0,158) + (0,40*2,047\%)+(0,20*5.05\%)}{4} = 0,5\%$$

Como la tasa de crecimiento es muy baja dado a que los últimos años no fueron muy positivos en nuestro País, se adopta por usar la tasa de crecimiento recomendada por Vialidad Nacional, de 2,5%.

Ri=2,5%

Con esta tasa de crecimiento estamos en condiciones de calcular el TMDA a futuro.

## 4.6 RUTA NACIONAL 118

### 4.6.1 Cálculo tránsito medio diario anual (TMDA):

Dado el censo realizado por Vialidad Nacional en el tramo analizado, procedemos a calcular el TMDA al inicio de la obra, al año de inauguración y al final de la vida útil de la obra (25 años), con la ecuación: **TMDA x (1+ i)<sup>n</sup>**





### Promedio Anual 2022

Liv  
69,8

S/A-Bus-C/A-Semi  
30,2

### Censo Cobertura

#### Clasificación

Año	Mes	Horas	Autos y Ctas.	Bus	S/A	C/A	Semi	TMD	Cant. Puestos
2022	2	48	75,8	3,1	7,2	6,4	7,5	1956	1
2022	6	48	75,3	1,6	7,2	8,7	7,2	1640	1
2022	9	48	73,1	1,3	9,1	9,8	6,7	1713	1
2022	11	48	73,5	1,4	8,2	9,3	7,6	1850	1

Tabla. N°10. Censo de cobertura R.N. N°118 Fuente: Vialidad nacional

Con estos datos estamos en condiciones de calcular el TMDA de diseño hasta la vida útil de la obra (25 años):

Proyección de TMDA para la vida útil de la obra		
Año de obra	Año calendario	TMDA (veh/día)
-	2014	1386
-	2015	1320
-	2016	1380
-	2017	1500
-	2018	1424
-	2019	1348
-	2020	1087
-	2021	1280
-	2022	1630
-	2023	1671
INICIO DE OBRA	2024	1713
	2025	1755
INAUGURACIÓN	2026	1799
1	2027	1844
2	2028	1890
3	2029	1938
4	2030	1986
5	2031	2036



6	2032	2087
7	2033	2139
8	2034	2192
9	2035	2247
10	2036	2303
11	2037	2361
12	2038	2420
13	2039	2480
14	2040	2542
15	2041	2606
16	2042	2671
17	2043	2738
18	2044	2806
19	2045	2877
20	2046	2948
21	2047	3022
22	2048	3098
23	2049	3175
24	2050	3255
25	2051	3336

Tabla. N°11. Proyección del TMDA hasta la vida útil de la obra. Fuente: Elaboración propia.

$$TMDA_{\text{DISEÑO}} = \frac{TMDA_{\text{inicial}} + TMDA_{\text{final}}}{2} = \frac{1799 + 3336}{2} = 2568 \text{ veh/día}$$

**TMDA diseño = 2568 veh/d**

Para aplicar la metodología antes mencionada se debe obtener un Volumen Horario de Demanda (VHD) a través del valor de TMDA y un coeficiente k, que está en función del valor de TMDA:

<b>TMDA</b>	<b>Factor k</b>
0 - 2.500	0,151
2.500 - 5.000	0,136
5.000 - 10.000	0,118
10.000 - 20.000	0,116
20.000 - 50.000	0,107
50.000 - 100.000	0,091
100.000 - 200.000	0,082
> 200.000	0,067

Tabla N°12. Valores del factor K según TMDA. Fuente: Highway Capacity Manual



$$K = 0,151$$

$$VHD = K \times TMDA \text{ diseño} = 2568 \text{ veh/d} \times 0,151$$

$$VHD = 388 \text{ vph}$$

#### 4.6.2. Calculo ESALs

Con el fin de calcular el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) y clasificar el tipo de tránsito, se emplea la conversión de las cargas a ejes equivalentes. Según las normativas de la AASHTO, un eje equivalente patrón corresponde a un solo eje con una carga de 8,2 toneladas o 18 kips (equivalentes a 18,000 libras). Esta medición se realiza en unidades conocidas como ESAL (Carga Estándar por Eje Equivalente). El ESAL de diseño (N) representa el número estimado de repeticiones, durante el período de diseño, de un eje simple con carga estándar de 18,000 libras (8,2 toneladas), basado en la vida útil proyectada.

Para calcular el ESAL, se emplean factores de equivalencia que reflejan el nivel de deterioro que los ejes de cada vehículo experimentan en comparación con el eje estándar de 18,000 libras. Estos factores han sido definidos mediante estudios realizados por Vialidad Nacional.





TRABAJO FINAL: "READECUACION DE LA INTERSECCION RN N°118 Y RP N°6"

CALCULO DE N					
EJES EQUIVALENTES DE 10 Ton y 18.000 Lbs					
RUTA NAC N° :		118		PROVINCIA : CORRIENTES	
TRAMO :		RN 12 - RP6			
TIPO DE VEHICULO	DISTRIBUCION	Nº DE EJES	% DE CADA TIPO	FACTOR "C"	( 1 ) * ( 2 ) * ( 3 ) / 100
	DE EJES	( 1 )	DE VEHICULOS ( 2 )	( 3 )	
Automoviles	1.1	2	73,50	0,010	0,015
Jeeps					
Camionetas					
Omnibus	1.1	2	1,40	0,070	0,00196
CAMIONES SIN	1.1	2	4,00	0,600	0,048
ACOPLADOS	1.2	3	4,20	0,380	0,04788
CAMIONES CON	1.1- 1.1	4	1,00	0,600	0,024
	1.1 - 1.2	5	7,00	0,390	0,137
ACOPLADOS	1.2 - 1.1	5	0,00	0,470	0,000
	1.2 - 1.2	6	1,20	0,320	0,02304
SEMI REMOLQUES	1.1.1	3	1,00	0,540	0,016
	1.1.2	4	1,00	0,450	0,018
	1.1.3	5	5,70	0,410	0,117
	1.2.2.	5	0,00	0,350	0
			100,00	Fe =	0,4471
VIDA UTIL EN AÑOS =		25	TMDA inicial 2026 =		1799
ÚLTIMO AÑO DEL TMDA CONOCIDO =		2022	TMDA 2022 * ( a )		
TMDA CONOCIDO =		1630	Coeficiente ( b )		1,85394
			Factor de crecimiento en la vida útil		
AÑO DE INAUGURACIÓN =		2026	TMDA Final ( TMDA inicial * ( b )		3336
Nº de Años para determinar el coef. ( a )		4			
Año de inauguración - Año TMDA conocido					
Coeficiente ( a )		1,1038	Factor por número de trochas ( Fn )		1
Crecimiento para el año de inauguración					
TASA DE CRECIMIENTO =		0,025	Nº DE EJES EQUIVALENTES 80 KN ( 8,2 Toneladas )		
N = 0,50 * [ ( TMDA Final + TMDA Inicial ) / 2 ] * 365 * Fe * Fn * 2,6 * vida útil					1,4E+07

Tabla N°13. Cálculo de ejes equivalente. Fuente: elaboración propia.



El número de ejes equivalentes calculado (N) se utilizará para determinar el espesor de la calzada de hormigón que pueda soportar el paso de las cargas de todos los ejes previstos en el periodo de diseño, como se detallará más adelante en este informe.

En este caso, el ESAL de diseño (N) es de 14.000.000 (CATORCE MILLONES) lo que representa la cantidad de ejes equivalentes que afectarán la vida útil del pavimento durante su diseño.

## 4.7 RUTA PROVINCIAL N°6

Una vez concluido el estudio de tránsito de la Ruta Nacional N°118, realizamos, del mismo modo, para la Ruta Provincial N°6.

### 4.7.1 Tipos de tránsito

Al analizar la creación o mejora de un camino, es importante considerar cuatro tipos de tránsito:

Tránsito existente: Este tipo de tránsito ya está presente en la vía y solo se analiza en proyectos de rehabilitación.

Tránsito derivado: Se refiere al tránsito que deja de utilizar otras rutas para utilizar la nueva ruta del proyecto. En obras nuevas, se determina mediante censos de origen y destino. En proyectos de rehabilitación, se estima como un porcentaje del tránsito existente, que puede llegar al 100% cuando se pavimenta un camino de tierra.

Tránsito inducido: Es el tránsito que se genera como resultado directo de la mejora del camino, provocando viajes que de otro modo no se realizarían. En proyectos de rehabilitación, se estima como un porcentaje del tránsito existente; en obras nuevas, como un porcentaje del tránsito derivado obtenido a través de censos de origen y destino.

Tránsito generado: Este tipo de tránsito surge como consecuencia de mejoras que generan nuevos asentamientos industriales, agroindustriales, agropecuarios, subdivisión de la tierra, etc. Se determina mediante políticas de desarrollo regionales, provinciales o nacionales.

### 4.7.2. Censo de R.P. N°6

Recurrimos al censo realizado por la Dirección Provincial de Vialidad en el tramo de la RN 118 y el acceso a Mburucuyá. Para el cálculo del tránsito medio diario anual (T.M.D.A) y el factor de carga (fc), se realizaron censos volumétricos y de clasificación del tránsito, durante días hábiles y de fin de semana.

A continuación, tablas brindadas por la Dirección de Vialidad Provincial:

#### Censo vehicular

Fecha	Horas	Autos	Camionetas y/o Pickups	Bus	CAMIONES								TOTAL
					11	12	11 12	12 11	111	112	113	122	
19/07/05	24	32		2	5	10	0	4	5	5	0	0	63



TRABAJO FINAL: "READECUACION DE LA INTERSECCION RN N°118 Y RP N°6"

20/07/05	24	29	0	2	7	0	3	1	2	0	0	44
Sub-Total Días Semana		61	2	7	17	0	7	6	7	0	0	107
23/07/05	24	26	0	1	5	2	2	2	2	0	0	40
24/07/05	24	41	1	3	2	1	0	1	1	0	0	50
Sub-Total Fin de Semana		67	1	4	7	3	2	3	3	0	0	90

Tránsito semanal

	Autos	Camionetas y/o Pickups	Bus	CAMIONES								TOTAL
				11	12	11- 12	12- 11	111	112	113	122	
Prorratio días de semana	152		5	18	43	0	18	15	18	0	0	268
Días fin de semana	67		1	4	7	3	2	3	3	0	0	90
<b>Total semana</b>	<b>220</b>		<b>6</b>	<b>22</b>	<b>50</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>358</b>

4.7.3. Tránsito medio diario anual (TMDA).

Cálculo del TMDA	Autos	Camionetas y/o Pickups	Bus	CAMIONES								TOTAL
				11	12	11- 12	12- 11	111	112	113	122	
TMDA por tipo de vehículo	31		1	3	7	0	0	3	3	3	0	51
TMDA por tipo de vehículo corregido por estacionalidad	31		1	3	7	0	0	3	3	3	0	51

Porcentaje tipos de vehículos.

	Autos	Camionetas y/o Pickups	Bus y camiones livianos	CAMIONES		TOTAL
				Con acoplados	Semi-rremolques	



TRABAJO FINAL: "READECUACION DE LA INTERSECCION RN N°118 Y RP N°6"

Porcentajes por tipo de vehículo	61,4 %	21,6 %	6,3 %	10,7 %	100 %
----------------------------------	--------	--------	-------	--------	-------

Tablas. N°14. Censos ruta provincial N°6. Fuente: DPV

En consecuencia, el Tránsito Medio Diario Anual presente será:

Proyección de TMDA para la vida útil de la obra		
año de obra	año calendario	TMDA
	2005	51
	2006	52
	2007	54
	2008	55
	2009	56
	2010	58
	2011	59
	2012	61
	2013	62
	2014	64
	2015	65
	2016	67
	2017	69
	2018	70
	2019	72
	2020	74
	2021	76
	2022	78
	2023	80
Año actual	2024	82

Se estima que el Tránsito Medio Diario Anual Generado, por las mejoras que generan nuevos asentamientos industriales como la forestal será aumentado al 20%:  
82 + 20% = 98 v/d.

Año actual	2024	98
	2025	100
<b>INAUGURACIÓN</b>	2026	103
1	2027	105
2	2028	108
3	2029	111
4	2030	113





5	2031	116
6	2032	119
7	2033	122
8	2034	125
9	2035	128
10	2036	132
11	2037	135
12	2038	138
13	2039	142
14	2040	145
15	2041	149
16	2042	153
17	2043	157
18	2044	160
19	2045	164
20	2046	169
21	2047	173
22	2048	177
23	2049	182
24	2050	186
25	2051	191

Tablas. N°15. TMDA a futuro. Fuente: Elaboración propia.

$$TMDA_{DISEÑO} = \frac{TMDA_{inicial} + TMDA_{final}}{2} = \frac{98 + 191}{2} = 145 \text{ veh/dia}$$

**TMDA diseño = 145 veh/d**

**K= 0,151**

**VHD = K x TMDA diseño = 145 veh/d x 0,151**

**VHD= 22 vph**

## 4.8 VEHÍCULO DE DISEÑO

El vehículo de diseño se determina considerando las proporciones derivadas de la clasificación de tráfico en la intersección, así como las características físicas vinculadas a estos vehículos. En este contexto, las dimensiones del vehículo de diseño se eligen en función del percentil 15 o 85 de cualquier dimensión dada, en lugar de basarse en valores máximos o promedios.



A continuación, en la siguiente tabla se presentan las dimensiones de los diversos vehículos representativos según las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras de Vialidad Nacional.

Vehículo representativo	Dimensiones de los vehículos (m)		
	Altura	Ancho	Longitud
Vehículo de pasajeros (P)	1,3	2,1	5,8
Ómnibus interurbano (BUS-14)	3,7	2,6	13,7
Ómnibus urbano (CITY-BUS)	3,2	2,6	12,2
Camión unidad simple (SU)	4,1	2,4	9,2
Camión semirremolque (WB-12)	4,1	2,4	13,9
Camión semirremolque (WB-15)*	4,1	2,6	16,8
Camión semirremolque (WB-19)	4,1	2,6	20,9
Casa rodante (MH)	3,7	2,4	9,2
Coche y remolque caravana (P/T)	3,1	2,4	14,8
Coche y remolque bote (P/B)	-	2,4	12,8

Tabla. N°16. Dimensiones de los vehículos representativos. Fuente:  
manual de diseño geométrico.

De acuerdo a la intersección de la RN N°118 y la RP N°6, se adopta como vehículo de diseño un semirremolque tipo WB-19 (semirremolque especial), con las siguientes medidas mínimas de trayectoria según el capítulo 5 de la normas y recomendaciones de Diseño Geométrico y seguridad vial – DNV.

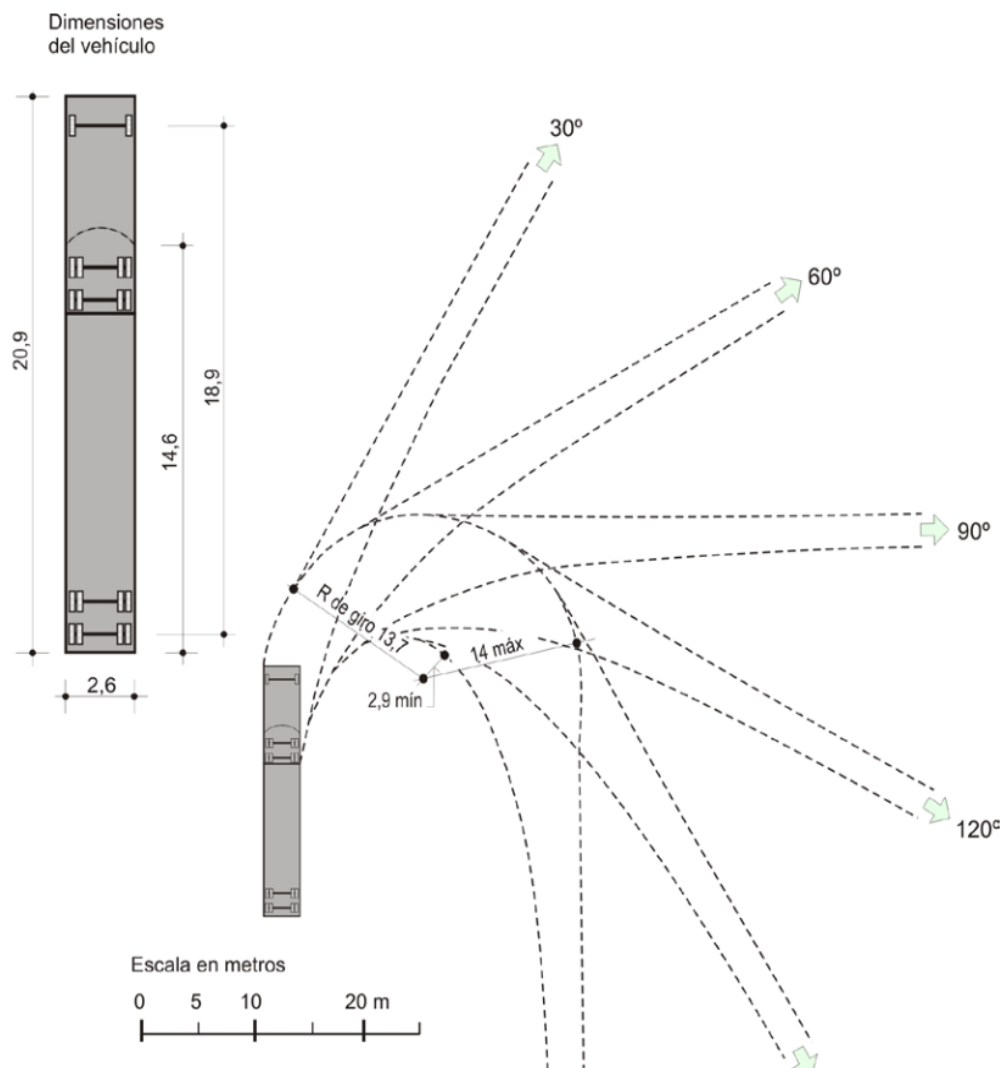


Fig. N°18. Dimensiones y radios de giro para WB-19. Fuente: Manual de diseño geométrico.

Tipo de vehículo de diseño	Símbolo	Radio mínimo de giro de diseño m	Radio mínimo interior m
Vehículo de pasajeros	P	7,3	4,2
Camión de unidad simple	SU	12,8	8,5
Ómnibus urbano	CITY-BUS	11,6	7,4
Ómnibus interurbano	BUS-14	12,8	7,8
Combinación de camiones			
Semirremolque mediano	WB - 12	12,2	5,7
Semirremolque grande	WB - 15	13,7	5,8
Semirremolque especial	WB - 19	13,7	2,8
Vehículo de recreación			
Casa rodante	MH	12,2	7,9
Coche y remolque caravana	P/T	7,3	0,6

Tabla N°18. Mínimos radios de giro para vehículos tipo.

Fuente: Manual de diseño geométrico.

Autores: Mosqueda Mariano y Genaro Tomas Verrastro

## 5. PARÁMETROS DEFINIDOS PARA EL CÁLCULO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

### 5.1 INTRODUCCIÓN

El diseño de pavimentos es un aspecto crucial en la ingeniería civil, y se clasifica principalmente en dos tipos: pavimentos rígidos y pavimentos flexibles. Cada tipo presenta características y ventajas particulares, adaptándose a diferentes necesidades y condiciones de uso. Este capítulo se enfocará en el diseño de pavimentos de hormigón simple con juntas, que corresponden a la categoría de pavimentos rígidos.

Este tipo de pavimento, conocido por su economía y resistencia, requiere un análisis detallado del "paquete estructural", que comprende las diversas capas que conforman la calzada. La correcta determinación del espesor de la losa es vital para asegurar la capacidad de carga y la durabilidad del sistema.

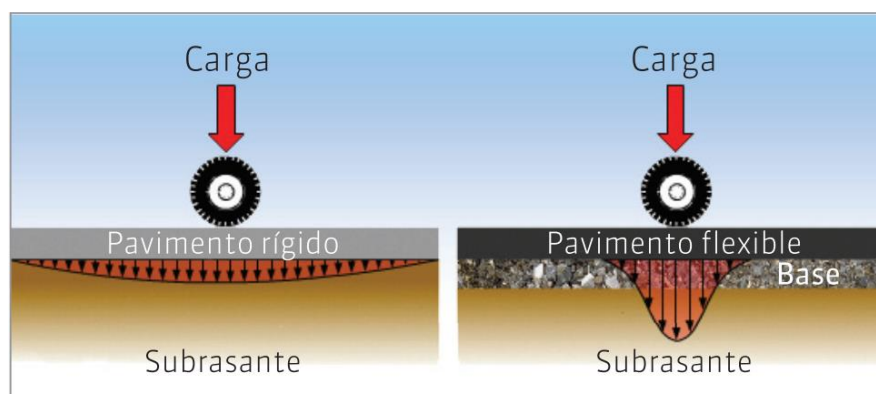


Fig. N° 19. Distribución de cargas en un pavimento rígido y en uno flexible. Fuente: MDCPH

Para este cálculo, es indispensable considerar parámetros como las características mecánicas del hormigón, el volumen y la clasificación del tráfico, así como las condiciones climáticas locales y la naturaleza del suelo de subbase. La interacción entre estos factores influye directamente en el comportamiento del pavimento a lo largo de su vida útil. En este capítulo, se abordarán los métodos y criterios técnicos para la optimización del diseño estructural, con el objetivo de proporcionar una solución adecuada a las exigencias del proyecto, garantizando así un desempeño eficiente y sostenible.



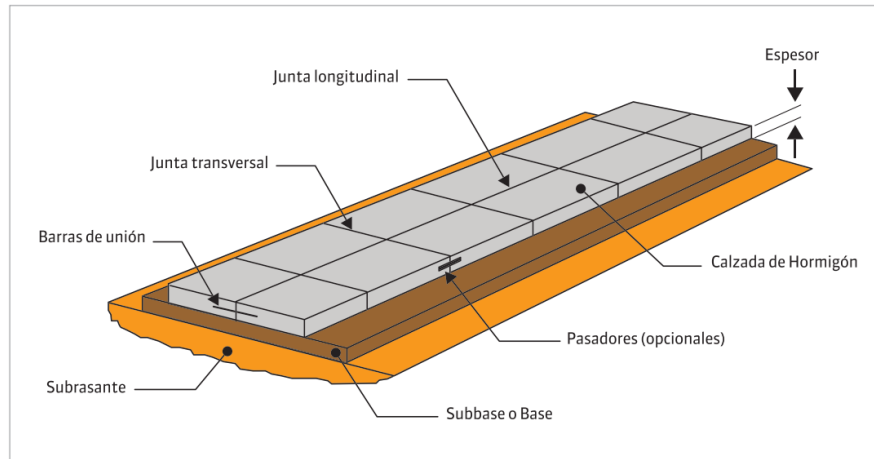


Fig. N° 20. Estructura tipo de un pavimento rígido. Fuente: MDCPH

El diseño del paquete estructural a través de pavimento rígido de hormigón para la implementación de la rotonda moderna, involucra la consideración de varios factores clave para garantizar su durabilidad y eficiencia ante el tránsito y las condiciones climáticas.

## 5.2 MÉTODO PSA 1984 (PORTLAND CEMENT ASSOCIATION)

El Método de la Portland Cement Association es un procedimiento empírico-mecanicista que se fundamenta en diversas fuentes de investigación. Estas incluyen estudios teóricos sobre losas de pavimento realizados por Westergaard, Picket y Ray, así como el uso de métodos de elementos finitos. También se apoya en ensayos a escala natural, como el ensayo de Arlington, y en proyectos de investigación sobre bases, juntas y banquetas rígidas. Además, considera pavimentos experimentales sometidos a tránsito controlado, como los realizados en Bates, Pittsburg y Maryland, junto con estudios de rutas en servicio realizados por distintos departamentos de transporte en EE.UU.

Este método de diseño se basa en dos criterios principales:

**Fatiga:** busca controlar las tensiones en el pavimento debido a la repetición de cargas, con el fin de prevenir fisuras por fatiga del material.

**Erosión:** limita las deflexiones en los bordes de la losa, juntas y esquinas, para evitar la erosión de los materiales de fundación y banquina. Este enfoque es importante, ya que algunos daños en pavimentos, como el bombeo y escalonamientos, no se relacionan directamente con la fatiga del hormigón.

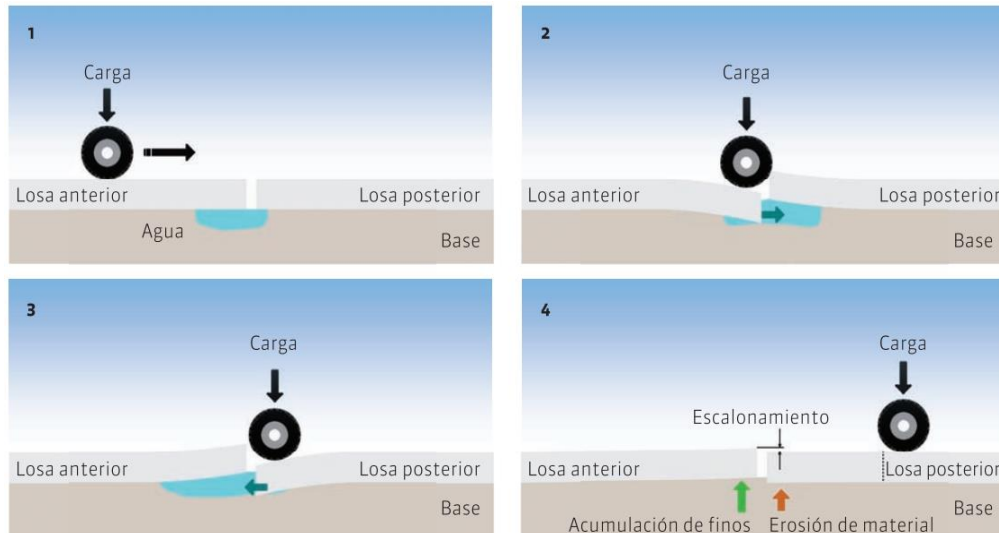


Fig. N°20. Proceso de pérdida de soporte por erosión y formación de escalonamiento. Fuente: MDCPH

El procedimiento de diseño se fundamenta en un análisis detallado de las tensiones y deflexiones en las juntas, esquinas y bordes del pavimento, utilizando un programa de elementos finitos.

Este enfoque permite tener en cuenta diversos factores, tales como:

- Las losas con dimensiones finitas.
- La ubicación variable de las cargas correspondientes a distintos tipos de ejes.
- La modelación de la transferencia de carga en juntas transversales, así como las condiciones de soporte en las zonas de borde (junta pavimento-banquina).

Para los pavimentos que utilizan transferencia de carga por trabazón entre agregados, se emplea un modelo que simula un soporte de resortes con una determinada rigidez. Este modelo representa las características de carga y deformación, las cuales fueron establecidas en estudios previos a través de ensayos tanto en campo como en laboratorio.

## 5.3 VARIABLES DE DISEÑO

Las variables que se utilizan como insumos para el procedimiento de diseño de la PCA son las siguientes:

- **Calzada de H°: Resistencia media a flexión del hormigón** (evaluada a los 28 días).
- **Módulo de reacción de la subrasante.**
- **Influencia de la base:** se considera el módulo de reacción combinado de la subrasante y la base.
- **Tipo de transferencia de carga en juntas:** se determina si se emplean o no pasadores.
- **Condición de soporte en bordes:** se analiza si se utilizan banquetas de hormigón vinculadas o no.



- **Volumen de tránsito y distribución de cargas por eje:** se evalúan las repeticiones esperadas para cada tipo de carga en ejes simples, dobles y triples.
- **Factor de seguridad de carga.**

A continuación, se detallan los parámetros establecidos para el cálculo del paquete estructural del pavimento

#### 5.3.1 Calzada de Hormigón

La calzada de hormigón es el elemento principal que recibe las cargas directas del tránsito.

Dado que los pavimentos de hormigón están sometidos a esfuerzos de flexión, un parámetro crítico para estas estructuras es el Módulo de Rotura (MR). Este se determina mediante ensayos en vigas de 15 x 15 x 55 cm, sometidas a cargas en los tercios, conforme a la Norma IRAM 1547. Este valor es fundamental para evaluar la fatiga del pavimento, ya que permite controlar la fisuración causada por las cargas de tránsito repetitivas, siendo esencial que se obtenga a los 28 días de curado del hormigón.

Además del comportamiento estructural frente a las cargas, el proyectista debe considerar la durabilidad del pavimento a lo largo de su vida útil. Esto es especialmente importante, ya que los pavimentos deben resistir tanto las condiciones ambientales adversas como la abrasión generada por el tráfico, conservando las características de fricción que se establecen en el momento de la construcción. Por lo tanto, se recomienda el uso de hormigones de clase H-30 o superior para pavimentos de calles, avenidas, rutas y autopistas, asegurando así la durabilidad necesaria.



Fig. N°21. Ensayo de probeta prismática a flexión con carga en los tercios

Fuente: MDCPH

Una vez seleccionada la clase de hormigón a emplear, es necesario calcular la resistencia a compresión media asociada. Para ello, se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$f'_{cm} = f'_{ck} + s \cdot z$$

siendo:

$f'_{cm}$ : Resistencia media a compresión, MPa.  
 $f'_{ck}$ : Resistencia a compresión característica, MPa.  
 $s$ : Desvío Estándar  
 $z$ : Valor Z para distribución normal, según la confiabilidad R adoptada (ej: Para R= 90 %, Z =1,282).

A partir de la resistencia media a compresión, se calcula el **Módulo de Rotura a flexión (MR)** que se utilizará en la fase de dimensionamiento de la estructura. Es recomendable obtener esta relación mediante ensayos de laboratorio o consultando antecedentes recientes de proyectos en los que se hayan utilizado los mismos materiales y presenten características similares.

En caso de no contar con datos recientes que permitan establecer la relación entre flexión y compresión para los materiales seleccionados, se puede estimar el MR utilizando la siguiente fórmula:

siendo:

$$MR \text{ (MPa)} = K \cdot \sqrt{f'_{cm} \text{ (MPa)}}$$

$K = 0,7$  para agregados naturales (redondeados) ó  $0,8$  para agregados triturados.

También se puede estimar el MR utilizando la siguiente tabla ingresando con la resistencia a la compresión en Mpa.

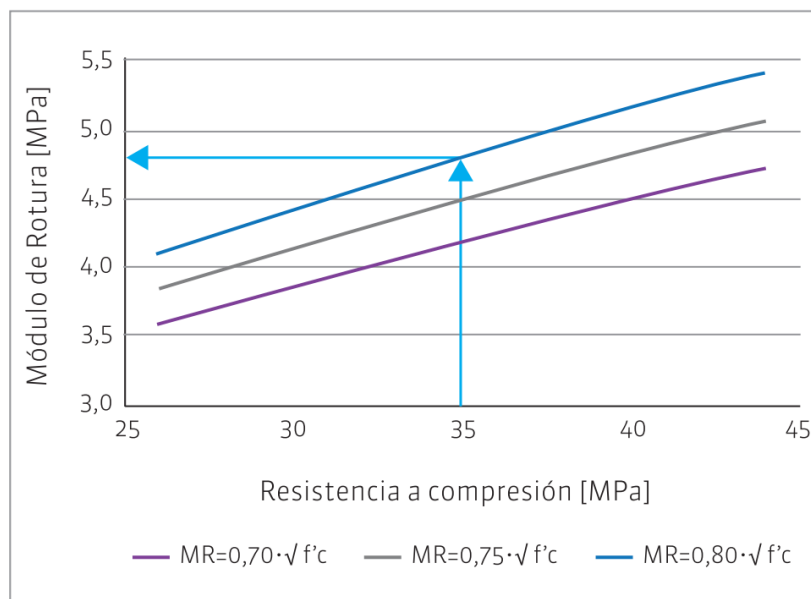


Fig. N° 22. Correlación entre la resistencia a la compresión y flexión del hormigón a 28 días de edad.

Fuente: MDCPH



Para este diseño, se ha definido un hormigón H-30 con una resistencia de 30Mpa a los 28 días, adecuada a las solicitaciones mecánicas previstas, de acuerdo con el volumen y tipo de tráfico esperado.

### 5.3.2. Resistencia del Hormigón de la Calzada

Resistencia a compresión media:  **$f'_c = 30\text{Mpa}$**

Módulo de rotura a flexión:  **$MR = 4,7\text{ Mpa}$**

Hormigón de calzada	
Resistencia media a flexión 28 días	Estimado por clase de horm.
Clase del hormigón:	H - 30
Tipo de agregado:	Agregado triturado
<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>-----&gt; <b>MR: 4,7 MPa</b>  <math>z(90\%) = 1,282 / CV = 0,1</math></p> </div>	

Fig. N° 23. Determinación Modulo Resiliente. Fuente: Planilla de verificación de espesores.

### 5.3.3. Subrasante

La subrasante se refiere al suelo natural o al relleno compactado sobre el cual se edifica el paquete estructural del pavimento. Los hormigones utilizados en pavimentos poseen un alto módulo de elasticidad y una gran resistencia a la flexión, lo que permite que las cargas se distribuyan sobre una amplia superficie, generando bajas deflexiones y, por ende, transmitiendo presiones reducidas a la subrasante.

Por esta razón, es razonable suponer que las losas de hormigón son capaces de soportar las cargas impuestas por el tránsito, siempre y cuando el apoyo sea continuo, homogéneo y estable. Dado que la fundación se realiza sobre el suelo natural del sitio, el desafío comienza con la construcción del terraplén. Mantener la uniformidad del terreno es una tarea compleja, por lo que, en términos prácticos, se busca que la subrasante proporcione una plataforma adecuada para la construcción de las capas especiales que seguirán.

Además de su función como soporte, la subrasante es un componente integral de la estructura, por lo que su calidad es un factor crítico que influye significativamente en el comportamiento y la durabilidad del pavimento.

### 5.3.4. Módulo de reacción de la subrasante

La capacidad de soporte de la subrasante se cuantifica mediante el módulo de reacción  $k$ . Aunque este valor se determina comúnmente a través del ensayo de plato de carga, el procedimiento puede ser costoso y consumir mucho tiempo. Por esta razón, se acepta que se estime por correlación con otros ensayos de rutina, como el de Valor Soporte Relativo (CBR).

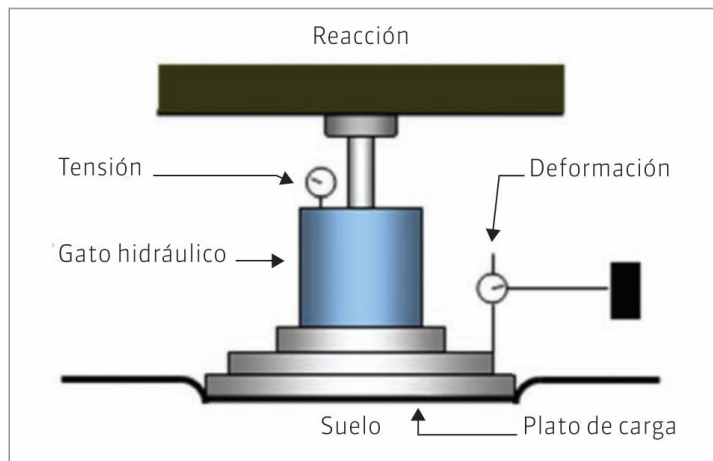


Fig. N°24. Esquema del ensayo de plato de carga.  
Fuente: MDCPH

Este enfoque de estimación es válido, ya que no es necesario obtener un valor exacto de  $k$ , pequeñas variaciones no impactan de manera significativa en el espesor de diseño.

Para facilitar esta estimación, la metodología proporciona un ábaco que permite determinar el módulo de reacción correspondiente a partir del valor de CBR.

#### 5.3.5. Valor Soporte (CBR)

El índice de Valor Soporte Relativo (CBR) se determina conforme a la norma VN-E6-84. Este procedimiento consiste en someter una muestra representativa de suelo, que ha sido compactada y saturada con agua, a la penetración de un pistón cilíndrico. Durante esta prueba, se registran tanto la tensión como la deformación generada. El resultado obtenido se expresa en porcentaje en relación a una muestra patrón, a la cual se le asigna un valor de 100.



Fig. N° 25. Ejecución ensayo VSR. Fuente: Foto tomada por nosotros en el laboratorio de DPV.



Para nuestro caso de los estudios de suelo de la traza se determinaron los siguientes valores:

**LIMITES DE ATTERBERG, TAMIZADO POR VIA HUMEDA, CLASIFICACION HRB**

Norma: VN-E1-65 Tamizado de suelo por vía húmeda  
VN-E2-65 Limite Liquido  
VN-E3-65 Limite Plástico, Índice de Plasticidad  
VN-E4-84 Clasificación de suelos HRB

PROG.	CAPA	MANTO		ESOR	TAMIZ No 10	TAMIZ No 40	TAMIZ No 200	LL	LP	IP	HRB	IG	HUMEDA D NATURAL	NAPA
		[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]			[%]	m
27,300	M2	0,30	1,10	0,80	100	94	4	0,0	0,0	0,0	A-3	0	15%	
28,300	M1	0,00	0,25	0,25	100	94	13	0,0	0,0	0,0	A-2-4	0	9%	1,20
28,300	M2	0,25	1,20	0,95	100	96	7	0,0	0,0	0,0	A-3	0	14%	
29,000	M1	0,00	0,55	0,55	100	93	6	0,0	0,0	0,0	A-3	0	11%	1,10
29,000	M2	0,55	1,10	0,55	100	94	5	0,0	0,0	0,0	A-3	0	17%	
29,400	M1	0,00	0,10	0,10	100	95	6	0,0	0,0	0,0	A-3	0	7%	1,10
29,400	M2	0,10	0,25	0,15	100	95	19	15,2	9,1	6,0	A-2-4	0	10%	
29,400	M3	0,25	1,10	0,85	100	96	9	0,0	0,0	0,0	A-3	0	12%	

Tabla N° 16. Planilla de estudios de suelo por progresivas. Fuente: DPV.

**Resumen de los suelos típicos "medios" existentes en el Tramo 2 (Pr. 14.200 a 29.900)**

SUELO		HRB	IG		LL		LP		IP		PASA#200	
TIPO	%	"MEDIO"	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
A	53	A-2-4(0)	0	0	0	22,9	0	13,4	0	9,5	11	32
			0		6,8		4,9		2		18	
B	3	A-2-6(0)	0	0	26,8	26,8	14,1	14,1	12,7	12,7	34	34
			0		26,8		14,1		12,7		34	
C	30	A-3(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10
			0		0		0		0		7	
D	3	A-4(0)	1	1	20,9	20,9	14,2	14,2	6,7	6,7	43	43
			0		20,9		14,2		6,7		43	
E	10	A-6(3)	1	5	27,2	30,9	12,9	14,5	14,3	16,4	38	51
			3		28,8		13,8		15,1		43	
F	3	A-7-6(20)	20	20	54,1	54,1	22,4	22,4	31,7	31,7	68	68
			20		54,1		22,4		31,7		68	
100%												

Tabla N°17. Planilla resumen de tipos de suelos. Fuente: DPV.

Como se puede observar se cuenta con un tipo de suelo A-3 en la zona a intervenir.



## ENSAYOS DE COMPACTACION Y VALOR SOPORTE RELATIVO.

Los valores de densidades y humedades, fueron obtenidos de ensayos Proctor, y figuran en la tabla siguiente:

### Ensayos Proctor y CBR de suelos típicos.

Norma: VN-E5-93 Compactación de suelos.  
○ VN-E6-93 Determinación del Valor Soporte e Hinchamiento.

SUELO TIPO	PROCTOR		VALOR SOPORTE	
	Hop	Dmax	CBR	Hinch.
	%	t/m3	%	%
A	10,0	2,00	10	0,06
B	9,9	2,02	8	0.80
C	7,5	1.90	10	0
D	12,4	1,90	8	0,70
E	14,9	1,83	7	1
F	21,6	1,59	4	1,1

Tabla N° 18. Planilla resumen de ensayos de compactación. Fuente: DPV.

Se ha evaluado la capacidad de soporte del suelo mediante el CBR (California Bearing Ratio), El control de la humedad y la compactación adecuada de la subrasante es esencial para garantizar la uniformidad del soporte.

De los estudios de suelos se obtuvo un valor de **CBR= 10%**

**Todos estos parámetros fueron definidos anteriormente en el capítulo 3 "Estudio de suelo"**

#### 5.3.6. Módulo Resiliente (Mr)

El Módulo Resiliente (Mr) se determina mediante un ensayo triaxial, que implica la aplicación cíclica de una carga con magnitud y duración específicas a una probeta cilíndrica. Esta probeta está sujeta a una presión de confinamiento fija proporcionada por la cámara triaxial.

El Módulo Resiliente es esencialmente una estimación del módulo de elasticidad, la principal diferencia radica en que el módulo de elasticidad se refiere a la relación entre tensión y deformación para una carga aplicada lentamente, mientras que el módulo resiliente se refiere a esta misma relación para cargas aplicadas de manera rápida, lo que lo hace más representativo de las condiciones que enfrenta el suelo bajo cargas de tránsito.





Las diferentes metodologías de diseño suelen correlacionar el valor soporte con el módulo de reacción "k" o con el módulo resiliente "Mr", ya que estos son los parámetros utilizados para evaluar la capacidad de soporte del suelo de subrasante.

- **Correlación entre CBR y MR:**

$$Mr \text{ (Psi)} = 1500 \times \text{CBR}$$

$$Mr \text{ (Psi)} = 1500 \times 10 = 15000 \text{ Psi} = \mathbf{103,4 \text{ Mpa/m}}$$

- **Correlación por medio de Abaco:**

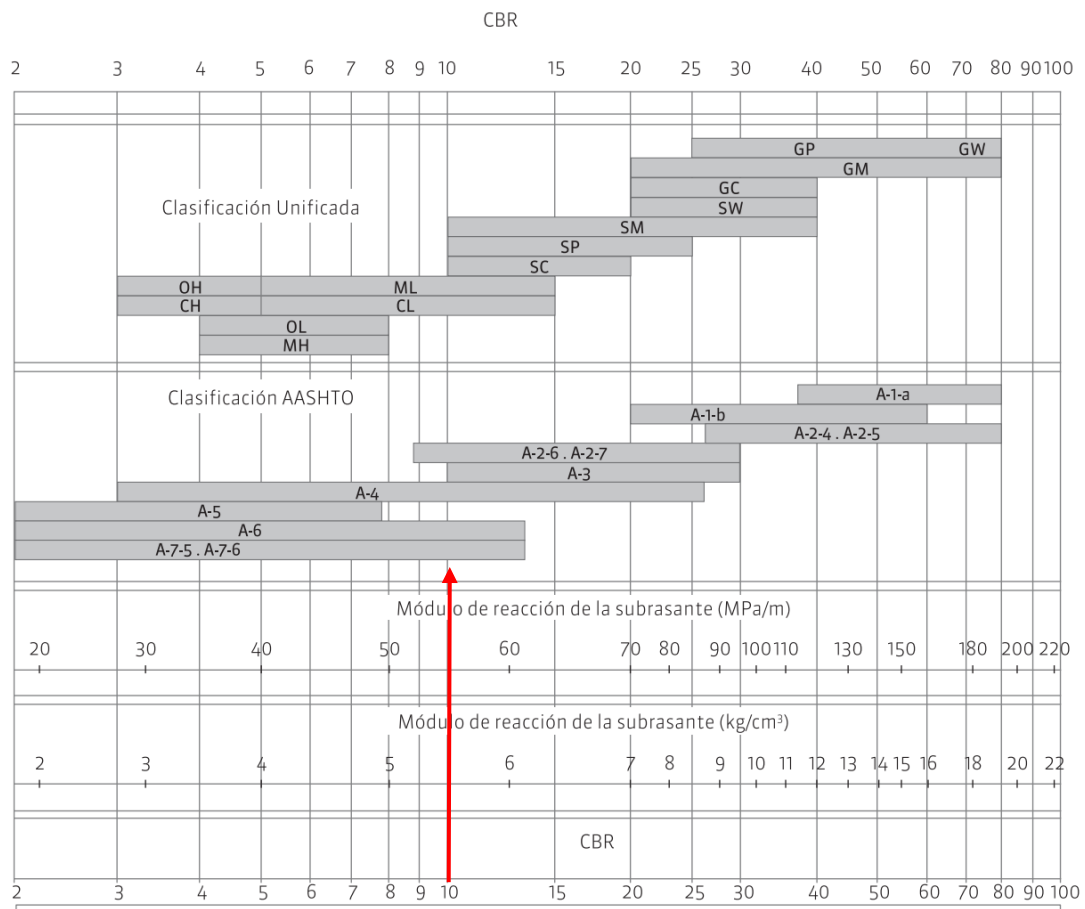


Tabla N° 19. Correlación entre MR y CBR. Fuente: MDCPH

Entramos con un valor de **CBR= 10%**, y determinamos el valor de reacción de la subrasante **k=55 Mpa/m**

### 5.3.7 Base

La base del pavimento es fundamental para proporcionar soporte a la calzada de hormigón, distribuyendo las cargas aplicadas y reduciendo las tensiones sobre las capas inferiores.

El material de la base deberá ser de alta calidad, seleccionado por su resistencia y estabilidad bajo cargas pesadas.

Materiales de Base:

Se empleará una capa de relleno de densidad controlada (RDC) con un contenido mínimo de cemento de 150 kg/m<sup>3</sup> (resistencia a la compresión aproximadamente 2Mpa) y con un espesor de 20cm.

### 5.3.8 Módulo de reacción combinado - base/subbase

La incorporación de una o más capas especiales en la estructura de apoyo de la losa incrementa su capacidad de soporte, lo cual debe ser considerado durante el diseño. Para ello, la metodología ofrece diversas tablas que clasifican los tipos de base en función de si son granulares (no tratadas) o tratadas con cemento. A través de estas tablas, y conociendo el módulo de reacción de la subrasante, así como el tipo y espesor de la base, se puede determinar el módulo de reacción combinado subrasante/base.

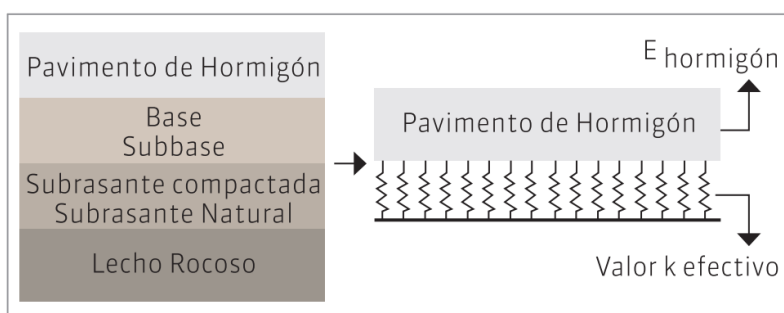
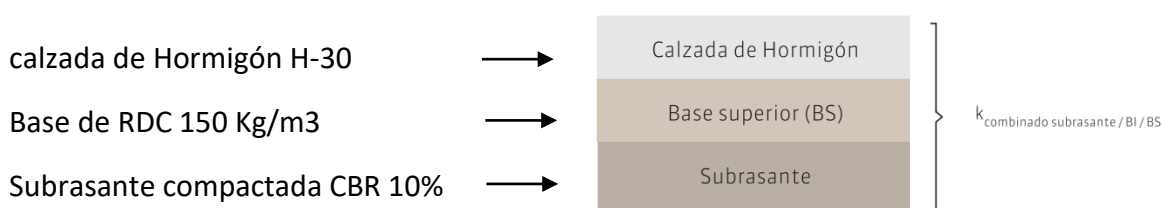


Fig. N° 26. Modelo para el cómputo de la respuesta estructural del pavimento de hormigón.  
 Fuente: MDCPH

En caso de que se utilicen múltiples capas de base, este procedimiento debe repetirse desde la subrasante hasta el nivel de apoyo de la calzada, hasta lograr el módulo de reacción combinado de la subrasante y las demás capas especiales que conforman la fundación del pavimento de hormigón.

A continuación, se determina el Kcombinado para nuestro caso:



- Utilizando la planilla de verificación de espesores:



Se determinó el K combinado teniendo en cuenta una subrasante compactada y una base de RDC como apoyo de la calzada de hormigón, dando el siguiente valor:

Subrasante y base	
Módulo de reacción subrasante o combinación subrasante/base:	Determinado por capas
Determinado por capas	
Subrasante	
Mód. de reacción de la subrasante:	Valor estimado por CBR
CBR de la subrasante:	10,00%
k de la subrasante:	54,3 MPa/m
Base	
Módulo de reacción de la base:	Determinado por capas
Cantidad de capas:	1 capa
TPMDA entre 400 y 2000 VP/día: utilizar una base resistente a la erosión bajo ciertas condiciones	
Calzada de hormigón	
Capa superior	Material: Base tratada con cemento
	Espesor: 20 cm
k combinado subrasante/base: 134,2 MPa/m	

Fig. N° 27. Determinación del parámetro K. Fuente: Planilla de cálculo de espesores.

**K combinado subrasante/base = 134,2 Mpa/m**

- **Utilizando tablas de valores típicos recomendados de K combinado subrasante/ base tratada con cemento**

Interpolación lineal para determinar K combinado:

Se interpola dos veces para hallar los valores de kcombinado para un espesor de 200mm de base cementada y valores de k subrasatantes intermedios (40 y 60), luego queda interpolar una vez más para determinar el Kcombinado en función del k de subrasante.

- Espesor de la base= 0,20m
- K subrasante = 55Mpa



Espesor de la base → k subrasante [MPa/m] ↓	100 mm	150 mm	<b>200</b> <b>mm</b>	225 mm	300 mm
20	60	80		105	135
40	100	130	<b>167</b>	185	230
<b>55</b>			<b>212</b>		
60	140	190	<b>227</b>	245	---

Fig. N° 28. Valores típicos recomendados de K. Fuente: MDCPH

### K combinado subrasante/base = 212 Mpa

Para nuestro paquete estructural adoptamos el valor determinado a través de la planilla de cálculo de espesores.

### K combinado subrasante/base = 134,2 Mpa/m

#### Valores típicos de k combinado subrasante-base para bases no tratadas.

Espesor de la base → k subrasante [MPa/m] ↓	100 mm	150 mm	225 mm	300 mm
20	23	26	32	38
40	45	49	57	66
60	64	66	76	90
80	87	90	100	117

#### Valores típicos de k combinado subrasante-base para bases tratadas con cemento.

Espesor de la base → k subrasante [MPa/m] ↓	100 mm	150 mm	225 mm	300 mm
20	60	80	105	135
40	100	130	185	230
60	140	190	245	---

Fig. N° 29. Valores típicos recomendados de K para bases no tratadas y tratadas con cemento. Fuente: MDCPH

## 5.4 ESTUDIO DE TRÁNSITO

El desarrollo del presente título se encuentra detallado en un capítulo anterior bajo el mismo nombre. En dicho capítulo, se analizaron los parámetros clave necesarios para evaluar el comportamiento del tránsito, los cuales resultan fundamentales para la determinación del paquete estructural del pavimento de hormigón. Entre estos parámetros se incluyen:

- Volumen de tránsito
- Clasificación vehicular



- Período de diseño
- Proyección del tránsito
- Distribución por carril de circulación
- Distribución por carril de vehículos pesados
- Tránsito medio diario de diseño (TMDD)
- Distribución de cargas por eje
- Cálculo de ejes equivalentes

El análisis de estos factores ha permitido establecer las bases para el cálculo del paquete estructural del pavimento, asegurando su capacidad para soportar las cargas proyectadas durante el período de diseño.

A continuación, se describen los parámetros en función de los datos del anteproyecto.

- **Volumen de Tránsito:** Se ha considerado el tránsito medio diario de diseño (TMDD) para definir las cargas que soportará el pavimento.

### Ruta: 0118

### Distrito: 10 - Corrientes

Límites del Tramo	Inicio	Fin	TMDD
ACC.A SALADAS- INT.R.P.5 (I)	4,6	136,88	1630

### Información adicional de la Estación

#### Serie Histórica

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
TMDD	1386	1320	1380	1500	1424	1348	1087	1280	1630

Fig. N° 30. Datos censo. Fuente: DNV.

- TMDD 2022 – último dato del registro = **1630 veh/día**
- TMDD 2024 - Año de inicio de obra = **1713 veh/día**

Considerando un plazo de obra de 2 años

- TMDD 2026 - Año inauguración de obra = **1799 veh/día**
- TMDD 2051 - final de la vida útil = **3336 veh/día**

Considerando estos valores se obtuvo el TMDD de diseño para el paquete estructural:

$$TMDD_{DISEÑO} = \frac{TMDD_{inicial} + TMDD_{final}}{2} = \frac{1799 + 3336}{2} = 2568 \text{ veh/día}$$



TMDA diseño = 2568 veh/d

- **Clasificación Vehicular:** Se clasifica los vehículos según su peso y frecuencia de paso, diferenciando entre tránsito liviano y pesado.

se tomaron datos de censos de clasificación vehicular provistos por la página de vialidad nacional, después se determinó el espectro de cargas en función del tipo de vehículo y las cargas por ejes, simples, dobles o triples.

### Promedio Anual 2022

**Liv**

69,8

**S/A-Bus-C/A-Semi**

30,2

Composición del tránsito. Fuente: DNV.

### Censo Cobertura

#### Clasificación

Año	Mes	Horas	Autos y Ctas.	Bus	S/A	C/A	Semi	TMD	Cant. Puestos
2022	2	48	75,8	3,1	7,2	6,4	7,5	1956	1
2022	6	48	75,3	1,6	7,2	8,7	7,2	1640	1
2022	9	48	73,1	1,3	9,1	9,8	6,7	1713	1
2022	11	48	73,5	1,4	8,2	9,3	7,6	1850	1

Censo de cobertura. Fuente: DNV.

A continuación, se describen los vehículos pesados considerados para el espectro de cargas:



## REFERENCIAS

<b>NUEVA CONFIGURACIÓN</b>	<b>D1 EJE CON RODADOS DOBLES</b>
<b>S1 EJE CON RUEDAS INDIVIDUALES</b>	<b>D2 DOS EJES CON RODADOS DOBLES</b>
<b>S2 DOS EJES CON RODADOS INDIVIDUALES</b>	<b>D3 TRES EJES CON RODADOS DOBLES</b>

## VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGAS QUE SON DE LIBRE CIRCULACIÓN EN RUTAS NACIONALES -

ART. N° 27 - APARTADO 2.3.1.

N°	TIPO DE VEHÍCULO	CONFIGURACIÓN N° DE EJES	LARGO (m)			PESO MÁXIMO (t)	Relación POT/PESO (CV/t) min.
			LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)		

### CAMIONES SIN ACOPLADO:

#### • TIPO 1.1

1		S1 - D1	13,20	2,60	4,30	16,50	4,25
---	---	---------	-------	------	------	-------	------

#### • TIPO 1.2

2		S1 - D2	13,20	2,60	4,30	24,00	4,25
---	---	---------	-------	------	------	-------	------

### CAMIONES CON ACOPLADO:

#### • TIPO 1.1 – 1.1

16		S1 - D1 - D1 - D1	20,00	2,60	4,30	37,50	4,25
----	---	-------------------	-------	------	------	-------	------

#### • TIPO 1.1 – 1.2

17		S1 - D1 - D1 - D2	20,00	2,60	4,30	45,00	4,25
----	---	-------------------	-------	------	------	-------	------

#### • TIPO 1.2 – 1.2

19		S1 - D2 - D1 - D2	20,00	2,60	4,30	52,50	6,00
----	---	-------------------	-------	------	------	-------	------

### SEMIREMOLQUES:

#### • TIPO 1.1.1

8		S1 - D1 - D1	18,60	2,60	4,30	27,00	4,25
---	---	--------------	-------	------	------	-------	------

#### • TIPO 1.1.2

9		S1 - D1 - D2	18,60	2,60	4,30	34,50	4,25
---	---	--------------	-------	------	------	-------	------

#### • TIPO 1.1.3

10		S1 - D1 - D3	18,60	2,60	4,30	42,00	4,25
----	---	--------------	-------	------	------	-------	------

Fig. N° 31. Tipos de vehículos pesados. Fuente: DNV.

Autores: Mosqueda Mariano y Genaro Tomas Verrastró

## REFERENCIAS

- Eje simple = eje con dos ruedas (2 ruedas – 1 eje)

Carga Max = 6Tn



Eje simple RD = eje simple con ruedas duales (4 ruedas – 1 eje)

Carga Max= 10,5Tn



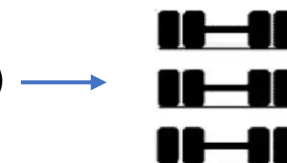
Eje doble RD = doble eje con ruedas duales (8 ruedas – 2 ejes)

Carga Max = 18 Tn



Eje triple RD = triple eje con ruedas duales (12 ruedas – 3 ejes)

Carga Max = 25Tn



Luego de clasificar los vehículos pesados por tipo de camión (distribución y tipo de ejes), se tienen en cuenta la cantidad de ejes que pasan por cada uno de esos vehículos, y se asigna un nivel de carga para cada tipo de ejes, 6tn para ejes simples, 10,5tn para ejes simples ruedas dobles, 18tn para ejes dobles ruedas dobles, y 25tn para ejes triples ruedas dobles y se confecciona la tabla “Nivel de carga por tipo de eje”.

	PLANILLA DE DISEÑO DE ESPESORES ICPA					Reiniciar módulo					
TMDA		1630	Para cada tipo de eje (simple, doble o triple), ingrese el nivel de carga y la cantidad de ejes cada 1000 vehículos pesados correspondiente a cada una de ellas.								
n° veh pesados		432									
mil veh pesados		1000									

Tabla N° 20. Planilla de clasificación de vehículos pesados. Fuente: elaboración propia.

Autores: Mosqueda Mariano y Genaro Tomas Verraastro



Para poder realizar esto es necesario contar con una planilla del censo de cobertura en donde estén registradas las cargas para cada uno de los ejes de los vehículos pesados que circularon.

Para ello se debe contar con balanza para camiones en el lugar del censo, como no se cuenta con esta información, de forma práctica los datos de cargas para cada eje fueron adoptadas considerando que los ejes mencionados siempre están en un entorno de la carga máxima permitida +/- un 10%.

**LAS TOLERANCIAS QUE SE MENCIONAN Y QUE NO SE DEBE SUPERAR POR TIPO DE EJES SON:**

(Art. 29 del Decreto 32/18)

*\* Eje aislado de ruedas simples: 800 Kg.*

*\* Eje aislado de ruedas dobles: 1.500 Kg.*

*\* Conjunto de dos ejes (tándem doble de las distintas configuración de ejes) 2.000 Kg.*

*\* Conjunto de tres ejes (tándem triple de las distintas configuración de ejes) 2.500 Kg.*

**Para el peso máximo de un vehículo o combinación se admitirá una tolerancia de QUINIENTOS KILOGRAMOS (500 kg).**  
(Decreto 79/98).

**Fig. N°32. Tolerancias en exceso de cargas. Fuente:  
DNV.**

Tolerancias:

- para ejes simples, 800kg representa un 13,4% por encima de la carga máxima.
- Para ejes simples con ruedas duales, 1500kg representa un 14,3% por encima de la carga máxima.
- Para ejes dobles con ruedas dobles, 2000kg representa un 11,1% por encima de la carga máxima.
- Para ejes triples con ruedas dobles, 2500kg representa un 10% por encima de la carga máxima.

Después de considerar esas cuestiones, queda modelado el espectro de cargas que utilizaremos para el cálculo y verificación del espesor de calzada de hormigón.



Espectro de cargas - para calculo de espesor de calzada							
Ejes simples			Ejes Dobles			Ejes Triples	
Cargas (Tn)	Cantidad de ejes		Cargas (Tn)	Cantidad de ejes		Cargas (Tn)	Cantidad de ejes
16	0		30	0		45	0
15	0		28	0		42	0
14	0		26	0		39	0
13	0		24	0		36	0
12	112		22	0		33	0
11	250		20	125		30	0
<b>10</b>	357		<b>18</b>	155		27	50
9	250		16	100		<b>24</b>	75
8	250		14	81		21	35
7	360		12	60		18	21
<b>6</b>	395		10	20		15	20
5	150		8	10		12	14
4	95		6	0		9	0
3	0		4	0		6	0
<b>Total simples:</b>	<b>2219</b>		<b>Total dobles:</b>	<b>551</b>		<b>Total triples:</b>	<b>215</b>

Tabla N°21. Espectro de cargas. Fuente: elaboración propia.

Quedando así definido el espectro de cargas considerado en el cálculo del espesor de calzada.

- Total, de ejes simples = 2129
- Total, de ejes dobles= 551
- Total, de ejes triples= 215





PLANILLA DE DISEÑO DE ESPESORES ICPA

Reiniciar módulo

Para cada tipo de eje (simple, doble o triple), ingrese el nivel de carga y la cantidad de ejes cada 1000 vehículos pesados correspondiente a cada una de ellas.

CONFIGURACION DE CARGAS POR EJE					
Ejes por cada 1000 Vehículos Pesados					
(excluyendo todos los vehículos de 2 ejes-4 cubiertas)					
Ejes simples		Ejes Dobles		Ejes Triples	
Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes
16	0,0	30	0,0	45	0,0
15	0,0	28	0,0	42	0,0
14	0,0	26	0,0	39	0,0
13	0,0	24	0,0	36	0,0
12	112,0	22	0,0	33	0,0
11	250,0	20	125,0	30	0,0
10	357,0	18	155,0	27	50,0
9	250,0	16	100,0	24	75,0
8	250,0	14	81,0	21	35,0
7	360,0	12	60,0	18	21,0
6	395,0	10	20,0	15	20,0
5	150,0	8	10,0	12	14,0
4	95,0	6	0,0	9	0,0
3	0,0	4	0,0	6	0,0
Total simples:	2219	Total dobles:	551,0	Total triples:	215

Tabla N° 22. Espectro de cargas definido. Fuente: elaboración propia.

- **Período de Diseño:** El pavimento será diseñado para un período de vida útil proyectado de 20 a 30 años, con proyecciones de crecimiento del tránsito.

Queda definido un periodo de 25 años de vida útil para el pavimento de hormigón.

- **Distribución por Sentido y Carril de Vehículos Pesados:** La distribución de las cargas por carril y sentido de circulación es un parámetro clave para determinar los espesores y los materiales de cada capa del paquete estructural.

- ☐ Se definió una distribución por sentido de circulación del 50%
- ☐ Para la distribución por carril se definió un 100% (camino rural de dos carriles)

- **Cálculo de Ejes Equivalentes:** Se ha utilizado el concepto de ejes equivalentes para convertir las cargas variables del tránsito en cargas uniformes que permitan dimensionar el pavimento en función de su capacidad estructural.

Para el cálculo de ejes equivalentes se obtuvo en cuenta el % de cada tipo de vehículos en función del TMDA.



TRABAJO FINAL: "READECUACION DE LA INTERSECCION RN N°118 Y RP N°6"

CALCULO DE N					
EJES EQUIVALENTES DE 10 Ton y 18.000 Lbs					
RUTA NAC Nº : 118		PROVINCIA : CORRIENTES			
TRAMO : RN 12 - RP6					
TIPO DE VEHICULO	DISTRIBUCION	Nº DE EJES	% DE CADA TIPO	FACTOR "C"	( 1 ) * ( 2 ) * ( 3 ) / 100
	DE EJES	( 1 )	DE VEHICULOS ( 2 )	( 3 )	
Automoviles	1.1	2	73,50	0,010	0,015
Jeeps					
Camionetas					
Omnibus	1.1	2	1,40	0,070	0,00196
CAMIONES SIN	1.1	2	4,00	0,600	0,048
ACOPLADOS	1.2	3	4,20	0,380	0,04788
CAMIONES CON	1.1- 1.1	4	1,00	0,600	0,024
	1.1 - 1.2	5	7,00	0,390	0,137
ACOPLADOS	1.2 - 1.1	5	0,00	0,470	0,000
	1.2 - 1.2	6	1,20	0,320	0,02304
SEMI REMOLQUES	1.1.1	3	1,00	0,540	0,016
	1.1.2	4	1,00	0,450	0,018
	1.1.3	5	5,70	0,410	0,117
	1.2.2.	5	0,00	0,350	0
			100,00	Fe =	0,4471
VIDA UTIL EN AÑOS =		25	TMDA inicial 2026 =		1799
ÚLTIMO AÑO DEL TMDA CONOCIDO =		2022	TMDA 2022 * ( a )		
TMDA CONOCIDO =		1630	Coeficiente ( b )		1,85394
			Factor de crecimiento en la vida útil		
AÑO DE INAUGURACIÓN =		2026	TMDA Final ( TMDA inicial * ( b )		3336
Nº de Años para determinar el coef. ( a )		4			
Año de inauguración - Año TMDA conocido					
Coeficiente ( a )		1,1038	Factor por número de trochas ( Fn )		1
Crecimiento para el año de inauguración					
TASA DE CRECIMIENTO =		0,025	Nº DE EJES EQUIVALENTES 80 KN ( 8,2 Toneladas )		
N = 0,50 * [ ( TMDA Final +TMDA Inicial ) / 2 ] * 365 * Fe * Fn * 2,6 * vida útil					1,4E+07

Tabla N° 23. Planilla para el cálculo de ejes equivalentes. Fuente: elaboración propia.

Aplicando la siguiente formula se calculan la cantidad de ejes equivalentes a la que estará sometida la estructura en su vida útil.

$$N = 0,50 * [ (TMDA Final + TMDA Inicial) / 2 ] * 365 * Fe * Fn * 2,6 * vida \text{ útil}$$

1,4E+07

Siendo:

- **TMDA Inicial:** transito medio diario anual al momento de la inauguración.

$$\text{TMDA inicial año 2026} = \text{TMDA año 2022} * (1+i)^n$$

$$\text{TMDA inicial año 2026} = 1630 \text{ veh/día} * (1+0.025)^4$$

$$\text{TMDA inicial año 2026} = 1630 * 1,1038 = 1799 \text{ veh/día}$$

- **TMDA Final:** transito medio diario anual al final de la vida útil.

$$\text{TMDA Final} = \text{TMDA inicial año 2026} * (1+0.025)^{25}$$

$$\text{TMDA Final} = 1799 * 1,854 = 3336 \text{ veh/día}$$

- **Fe:** Factor de equivalencia por tipo de camión  $\sum_{i=1}^n (\text{N° DE EJES} * (\%V_i * FC_i))$

Siendo:  $\%V_i$ : Proporción de vehículos i en el tránsito total.

$FC_i$ : Factor camión del vehículo i

N° DE EJES: cantidad de ejes por tipo de vehículo.

- **Fn:** Factor por N° de trochas= 1
- **Vida útil:** periodo de diseño = 15 años

- **2,6** factor de conversión de cargas:

<b>Argentina</b>	Carga máxima de 10Tn - ejes simple ruedas duales	10,5 Tn
<b>EEUU</b>	Carga máxima de 18.000 libras - ejes simple ruedas duales	8,2 Tn
	10/8,2	1,28
	$(10/8,2)^4$	2,69

Dando como resultado **N = 14.000.000 (catorce millones) de ejes equivalentes.**

- **Factor de seguridad de cargas:** En el procedimiento de diseño, las cargas por eje estimadas se incrementan utilizando un Factor de Seguridad de Cargas (FSC) para proteger el pavimento de posibles sobrecargas imprevistas. Según el tipo de vía, la metodología sugiere los siguientes valores:
  - **Autopistas y rutas de alto volumen de tránsito pesado:**  
FSC = 1,2, aplicable en situaciones donde el flujo de tráfico pesado es continuo.
  - **Rutas y arterias importantes con un volumen moderado de tránsito pesado:**  
FSC = 1,1.
  - **Rutas y vías de bajo volumen de tránsito pesado, así como calles residenciales:**  
FSC = 1,0.

Es importante destacar que este factor no representa el factor de seguridad del método, ya que incorpora un margen de conservadurismo frente a variaciones normales en las propiedades de los materiales y pequeñas deficiencias en los espesores de diseño.

En casos excepcionales, se puede justificar el uso de un FSC = 1,3 para asegurar un nivel de serviciabilidad superior a lo normal durante toda la vida útil del diseño. Esto puede aplicarse, por ejemplo, a arterias urbanas con un muy alto volumen de tránsito y sin vías alternativas para desviar el tráfico.

Para nuestro caso se adopta un factor de seguridad de cargas de 1,2.

## 5.5 DISEÑO DE JUNTAS

### 5.5.1 Juntas y transferencia de carga

El diseño de las juntas es un aspecto crítico en pavimentos rígidos. Las juntas deben permitir la expansión y contracción del hormigón sin afectar la integridad estructural del pavimento.

- **Juntas Transversales y Longitudinales:** Se han definido juntas adecuadas para mitigar la fisuración y facilitar el mantenimiento. Las juntas transversales contarán con pasadores para asegurar la transferencia de carga, mientras que las juntas longitudinales serán reforzadas con barras de unión para evitar el deslizamiento entre las losas.

Transferencia de carga	
Juntas transversales con pasadores	SI
Banquina de hormigón vinculada	NO

El adecuado funcionamiento de los pavimentos rígidos está estrechamente relacionado con el rendimiento de sus juntas. Muchas de las fallas que pueden presentarse durante el



servicio, como escalonamiento, bombeo, fisuración y levantamiento de losas, están asociadas a las juntas del pavimento. Estas fallas pueden surgir debido a errores en el dimensionamiento y/o en la construcción de las juntas.

El diseño de las juntas tiene como objetivo controlar y preservar la calidad y la capacidad estructural del pavimento, minimizando los costos de mantenimiento.

#### 5.5.2 Objetivos principales de las juntas

- Controlar la fisuración longitudinal y transversal ocasionada por la contracción restringida (debido a la fricción con la capa inferior), así como por las tensiones de alabeo generadas por diferencias de temperatura y humedad, y por las cargas del tránsito.
- Dividir el pavimento en secciones que faciliten su ejecución, permitiendo pavimentaciones en fajas o por carriles.
- Permitir el libre movimiento de las losas.
- Facilitar la transferencia de carga entre las losas, ya sea mediante la trabazón de agregados o el uso de pasadores.
- Proporcionar un espacio para la colocación del material de sellado.

#### 5.5.3 Tipos de juntas

Las juntas se categorizan en función de su orientación respecto al eje del camino y luego a partir de la función que cumplen en la estructura. De esta clasificación surgen entonces los siguientes tipos:

- Juntas transversales de contracción o longitudinales de articulación: las que controlan la formación de fisuras.
- Juntas transversales o longitudinales de construcción: las que dividen dos zonas pavimentadas en distintos momentos.
- Juntas de dilatación o aislación: aquéllas que permiten absorber mayores movimientos relativos. Suelen emplearse contra estructuras fijas, en intersecciones o en sitios donde la calzada experimenta cambios abruptos en su geometría.





#### 5.5.4. Juntas transversales

En función del tipo de agregado grueso empleado para la conformación del hormigón, se prevé una separación entre juntas transversales de:

4,50 m si se emplea 100% de Piedra Partida Basáltica como agregado grueso.

Características de los pasadores:

Tipo de hierro	Barra redonda lisa. Tipo I. AL-220.
Superficie	Lisa, libre de óxido y con tratamiento que impida la adherencia al hormigón en todo su largo.
Largo	45 cm.
Diámetro	25 mm para $e \leq 20$ cm. 32 mm para $20 \text{ cm} < e \leq 25$ cm. 38 mm para $e > 25$ cm.
Separación	30 cm de centro a centro, 15 cm de centro a borde.
Ubicación	Paralelo a la superficie del pavimento y al eje de calzada. Mitad del espesor de losa. Mitad a cada lado de la junta transversal.

Tabla N° 24. Características de los pasadores. Fuente: MDCPH

**Para nuestro caso se emplearán pasadores con un diámetro de 32mm**

#### Juntas transversales de contracción:

Las juntas transversales en la calzada de hormigón son diseñadas para controlar la formación de fisuras intermedias en las losas, tanto en etapas tempranas como durante el servicio. Estas juntas se crean debilitando la sección del hormigón mediante un proceso de aserrado, lo que permite inducir fisuras en puntos específicos debido a los cambios dimensionales en la losa.

El aserrado es considerado el método más efectivo para establecer este tipo de juntas, generalmente implicando dos cortes: un corte primario que establece el plano de debilidad, y un corte secundario que proporciona el factor de forma necesario para el adecuado funcionamiento del sello.

Es crucial realizar el aserrado de las juntas lo antes posible, una vez que el hormigón ha alcanzado la resistencia suficiente, teniendo en cuenta la ventana de corte. Se recomienda que la profundidad del aserrado sea, como mínimo, de  $1/3$  del espesor de la losa en bases tratadas y de  $1/4$  del espesor en bases no tratadas o granulares.

Se utilizarán tipo de juntas A-1 con pasadores, en función del espesor de calzada

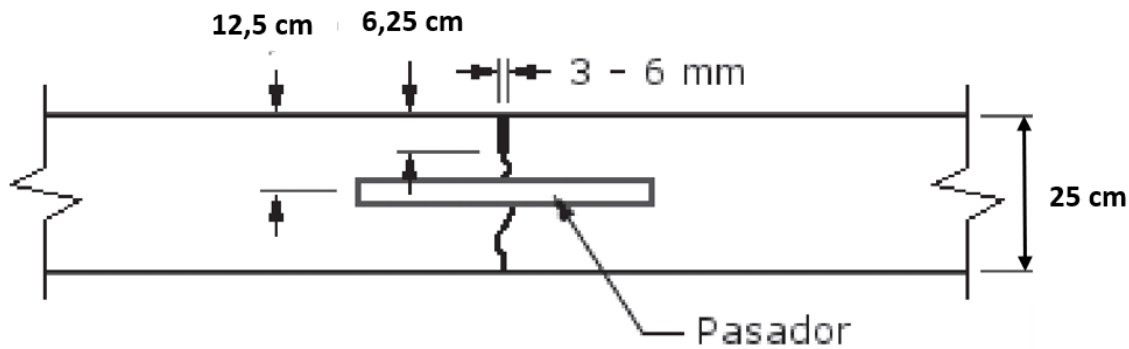


Fig. N° 33. Junta transversal de contracción tipo A-1. Fuente: elaboración propia.

- Profundidad del pasador = 12,5 cm
- Profundidad del aserrado = 6,25 m
- Espesor de la junta = 3 – 6 mm
  
- Pasador:
  - Barra de acero lisa. Tipo I- AL-220
  - Longitud = 45cm
  - Diámetro = 32mm
  - Separación = 30cm de centro a centro, 15cm de centro a borde de calzada
  - Ubicación = paralelo a la superficie del pavimento y al eje de calzada, mitad de espesor de la losa, mitad a cada lado de la junta transversal.

### Juntas transversales de construcción

Este tipo de juntas se realizan al final de la jornada laboral o durante interrupciones programadas, como en puentes, estructuras fijas o intersecciones. Se trata de juntas a tope que, al ser planas, no transfieren carga mediante trabazón. Por esta razón, es obligatorio utilizar pasadores para la transferencia de carga, incluso en pavimentos que presentan juntas de contracción sin pasadores.

Las barras a utilizar en este caso son las mismas que se emplean en las juntas de contracción. Para su ejecución, es común utilizar un molde en sentido transversal. Se recomienda el uso de un vibrador manual en esta área para garantizar la correcta compactación del hormigón cerca del pasador.

Se utilizarán juntas tipo B con pasadores, en función del espesor de calzada.

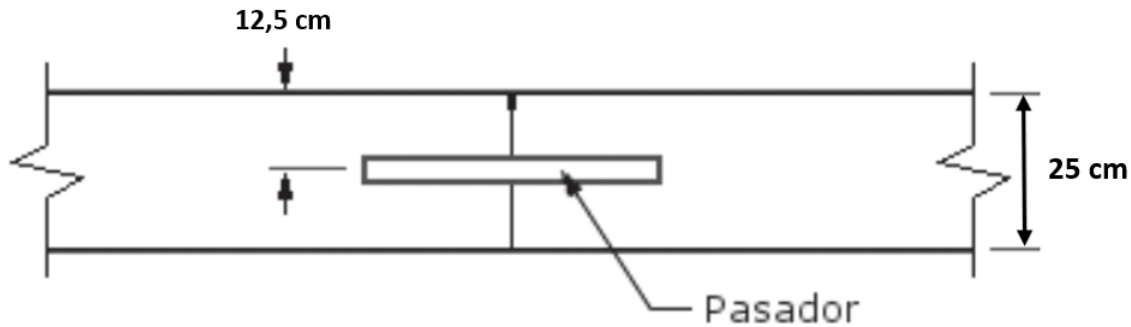


Fig. N° 33. Junta transversal de construcción tipo B. Fuente: elaboración propia.

- Profundidad del pasador = 12,5 cm
- Pasador:
  - Barra de acero lisa. Tipo I- AL-220
  - Longitud = 45cm
  - Diámetro = 32mm
  - Separación = 30cm de centro a centro, 15cm de centro a borde de calzada
  - Ubicación = paralelo a la superficie del pavimento y al eje de calzada, mitad de espesor de la losa, mitad a cada lado de la junta transversal.

### Juntas de dilatación

Las juntas de dilatación se implementan para permitir movimientos diferenciales entre dos áreas pavimentadas o contra estructuras fijas. En el pasado, era común colocar estas juntas a intervalos regulares para evitar levantamientos localizados de losas. Sin embargo, esta práctica podía provocar que las juntas transversales adyacentes se abrieran excesivamente, dañando los sellos y comprometiendo el mecanismo de transferencia de carga por trabazón de agregados.

En la práctica, las juntas de dilatación se utilizan comúnmente en los siguientes casos:

- Intersecciones de pavimentos de hormigón.
- Curvas de pequeño radio (al inicio y al final de la curva).
- Zonas con cambios abruptos en la pendiente vertical.
- Contra estructuras fijas.
- En transiciones con otros tipos de pavimento.

Estas juntas incluyen pasadores para la transferencia de carga, que suelen medir 50 cm de largo. Un extremo del pasador tiene un capuchón o cápsula de al menos 80 mm de largo, con una carrera libre interior de 30mm. Para evitar el desplazamiento del capuchón durante la ejecución, es recomendable rellenar la carrera libre con poliestireno expandido u otro material compresible.

Se dispondrán de juntas de dilatación en los casos particulares que resulte necesario, se emplearán juntas tipo E.

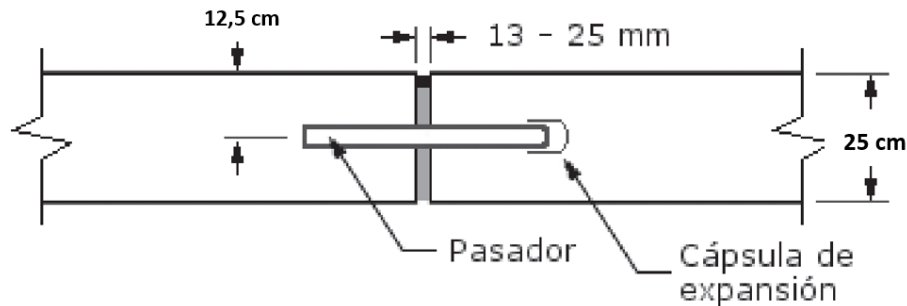


Fig. 34. Junta transversal de dilatación tipo E. Fuente: elaboración propia.

- Profundidad del pasador = 12,5 cm
- Longitud mínima capsula de expansión = 80mm
- Relleno de capsula de expansión = poliestireno expandido o material compresible
- Pasador:
  - Barra de acero lisa. Tipo I- AL-220
  - Longitud = 50cm
  - Diámetro = 32mm
  - Separación = 30cm de centro a centro, 15cm de centro a borde de calzada
  - Ubicación = paralelo a la superficie del pavimento y al eje de calzada, mitad de espesor de la losa, mitad a cada lado de la junta transversal.

### Juntas de aislación

Cuando es necesario instalar juntas que absorban movimientos relativos significativos, puede resultar impracticable el uso de pasadores, ya que estos limitan el movimiento de las juntas. En tales situaciones, se utilizan juntas de aislamiento, que se diferencian de las anteriores por no incluir pasadores.

Para estos casos se utilizarán juntas tipo F-1, sin pasadores.

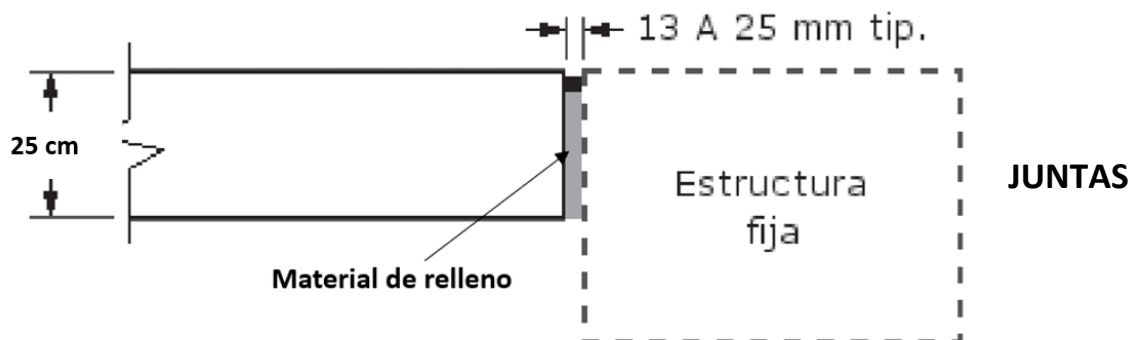


Fig. N° 35. Junta transversal de dilatación tipo E. Fuente: elaboración propia.



#### 5.5.5. Juntas longitudinales

Se prevé la ejecución de una única junta longitudinal central, conformando losas con un ancho de 3,65 m.

#### Juntas longitudinales de contracción o articulación

Las juntas longitudinales de contracción, o de articulación, se implementan para controlar la fisuración cuando se pavimentan simultáneamente dos o más carriles. Al igual que las juntas transversales de contracción, estas deben ser aserradas y selladas para evitar la entrada de agua en la estructura del pavimento. La transferencia de carga se logra mediante la trabazón de agregados, y se utilizan barras de unión para anclar la junta, asegurando así una eficiente transferencia de carga a largo plazo.

Se dispondrán juntas tipo C-1 con pasadores, en función del espesor de calzada.

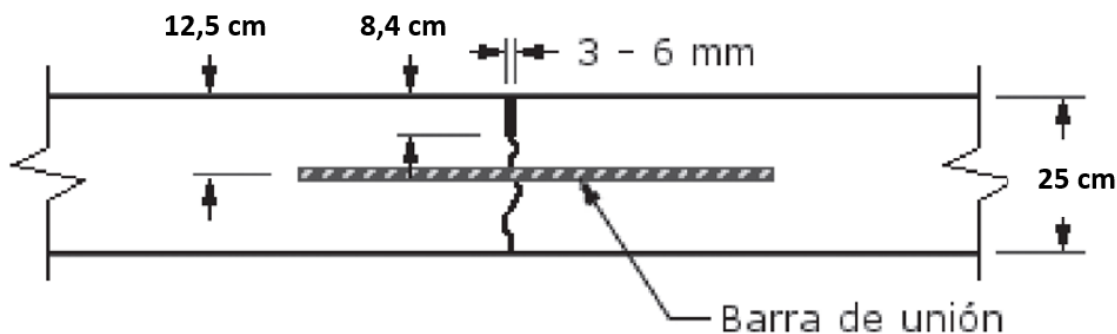


Fig. N° 36. Detalle Junta transversal de dilatación. Fuente: elaboración propia.

- Profundidad de la barra de unión = 12,5 cm
- Profundidad del aserrado = 8,4 cm
- Espesor de la junta = 3 – 6 mm

#### Dimensionado de Barras de unión

pavimento de hormigón con las siguientes características:

- > Ancho de calzada: 7,3 m
- > Espesor de calzada: 0,25 m.
- > Tipo de base: Cementada.
- > Módulo de reacción combinado  $k_c = 134,2 \text{ MPa/m}$ .
- > Hormigón Clase: H-30.





> Agregados disponibles: Piedra Partida Basáltica (PPB).

Se utilizarán barras de acero conformadas superficialmente, para determinar la sección mínima utilizamos la siguiente expresión:

$$A_{BU} = \frac{\gamma \cdot E \cdot L \cdot \mu \cdot S}{f_a}$$

considerando un coeficiente de fricción de 1,8 correspondiente a base cementada

Tipo de material en el apoyo de la calzada	Coefficiente de Fricción, $\mu$
Tratamiento superficial	2,2
Estabilizado con cal/cemento/asfalto	1,8
Material granular	1,5
Subrasante Natural	0,9

**Tabla N° 25. Coeficiente de fricción según el tipo de material a utilizar. Fuente: MDCPH**

siendo:

$A_{BU}$  la sección mínima de acero de las barras de unión, por cada losa de pavimento.

$\gamma$  el peso unitario del hormigón.

→ 2400 kg/m<sup>3</sup>

$E$  el espesor de la losa.

→ 25 cm

$L$  la distancia al borde libre más cercano.

→ 3,65 m

$\mu$  el coeficiente de fricción entre la losa y el apoyo

→ 1,8

$f_a$  la tensión admisible del acero.

→ 2400 kg/cm<sup>2</sup> = 240 Mpa

$S$  la separación entre juntas transversales.

→ 4,5 m

$$A_{BU} = \frac{2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,25\text{m} \cdot 3,65\text{m} \cdot 1,8 \cdot 4,5\text{m}}{2400 \text{ kg/cm}^2}$$

$$A_{BU} = 7,39 \text{ cm}^2$$

Considerando una tensión de adherencia de 2 MPa, y un valor de tensión admisible correspondiente al acero tipo III (240 MPa), pueden determinarse los largos mínimos requeridos para las barras de unión a partir de su diámetro, según se representa en la Tabla siguiente:

Adoptando barras de 16mm de diámetro:

Diámetro de la barra [mm]	Sección [cm <sup>2</sup> ]	Perímetro [cm]	Largo mínimo de la barra de unión [cm]
10	0,79	3,14	60
12	1,13	3,77	72
16	2,01	5,02	96
20	3,14	6,28	120

Nos queda configuradas las juntas longitudinales de la siguiente forma:

Diámetro de la Barra de Unión	10 mm	12 mm	16 mm
Cantidad por losa	10	7	4
Separación adoptada entre barras	0,41 m	0,62 m	1,12 m
Distancia entre barras extremas y las juntas transversales	0,40 m	0,40 m	0,56 m
Largo mínimo de la barra de unión	0,60 m	0,72 m	0,96 m

Tabla N° 26. Tabla para la adopción de barras de unión. Fuente: MDCPH

### Juntas longitudinales de construcción

Se ejecutan cuando la calzada se construye en distintas etapas o por fajas.

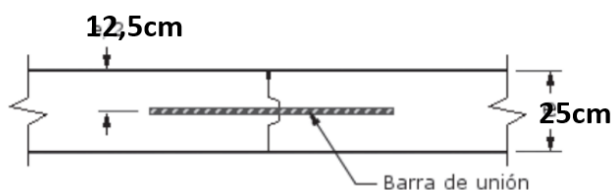


Fig. nº 37. Junta longitudinal de construcción tipo D. Fuente: elaboración propia.



- Profundidad de la barra de unión = 12,5 cm
- Espesor de la junta = 3 – 6 mm

Para mantener la transferencia de carga se emplean barras de unión con las mismas características que en las juntas longitudinales de contracción o articulación.

### **Protección de Factores Externos**

Se emplearán sellos en las juntas que aseguren una resistencia al intemperismo, con capacidad para soportar la exposición a la humedad, temperaturas extremas y productos químicos derivados del tráfico.

Este diseño se realiza bajo las normativas vigentes para asegurar un pavimento con alta durabilidad, que soporte el tránsito previsto y las condiciones climáticas del lugar durante la vida útil del proyecto.

Los sellos en las juntas de pavimento de hormigón suelen estar hechos de materiales elastoméricos, como el poliuretano o la silicona, que son elegidos por su flexibilidad y durabilidad.

Especificaciones técnicas comunes para estos materiales:

### **Selladores de Poliuretano**

- **Composición:** Material elastomérico a base de poliuretano.
- **Propiedades:**
  - **Elasticidad:** Alta capacidad de deformación, permitiendo el movimiento de la junta sin agrietarse.
  - **Adhesión:** Buena adherencia a hormigón, metal y otros materiales de construcción.
  - **Resistencia:** Resistente a la abrasión, químicos y UV.
- **Durabilidad:** Generalmente de 10 a 20 años, dependiendo de las condiciones ambientales.

### **Selladores de Silicona**

- **Composición:** Material a base de silicona, generalmente de cura neutral.
- **Propiedades:**
  - **Elasticidad:** Muy alta elasticidad y capacidad de movimiento.
  - **Adhesión:** Buena adherencia a la mayoría de superficies sin necesidad de imprimación.



- **Resistencia:** Resistente a condiciones climáticas extremas, incluyendo temperaturas y UV.
- **Durabilidad:** Puede durar más de 20 años, dependiendo del tipo y condiciones.

### Especificaciones Técnicas generales

- **Resistencia a la tracción:** Al menos 1.0 MPa (en condiciones específicas).
- **Elongación a la rotura:** Mínimo del 100% para poliuretano y del 300% para silicona.
- **Temperatura de aplicación:** Generalmente entre 5 °C y 40 °C.
- **Tiempo de curado:** Varía entre 24 horas a varios días, dependiendo del material y condiciones ambientales.
- **Resistencia a la compresión:** Debería ser adecuada para soportar las cargas de tráfico vehicular.

### Normativas

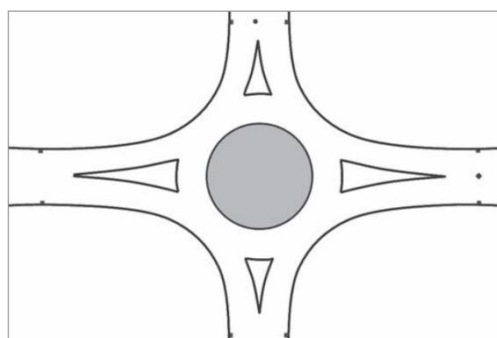
Es importante seguir las normativas y recomendaciones específicas, como las de ASTM (American Society for Testing and Materials) o AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), para asegurar la calidad y adecuación del material utilizado.

Para nuestro caso se adopta selladores de silicona, para materializar el sello de las juntas considerando su vida útil respecto a la del pavimento.

#### 5.5.6. Distribución de juntas

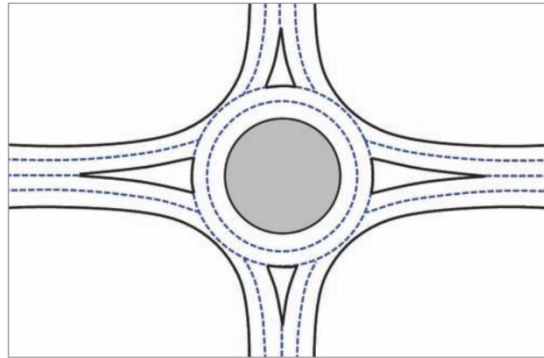
Al igual que en las intersecciones a nivel, la disposición de juntas en una se puede abordar siguiendo una serie de pasos, con algunas consideraciones específicas debido a la naturaleza de las rotondas:

1. Dibujar los bordes de calzada y los cordones cuneta. También se deben dibujar las estructuras fijas para tenerlas en cuenta en la distribución de juntas.

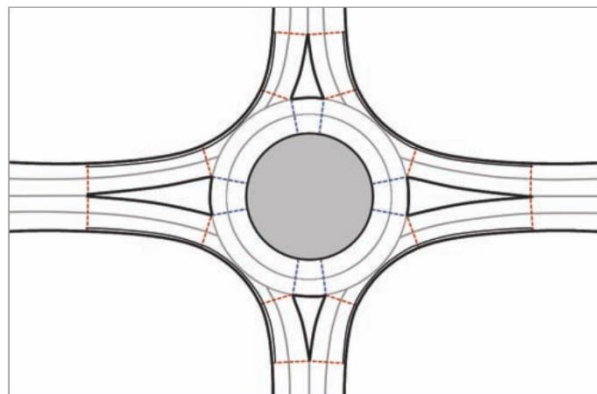




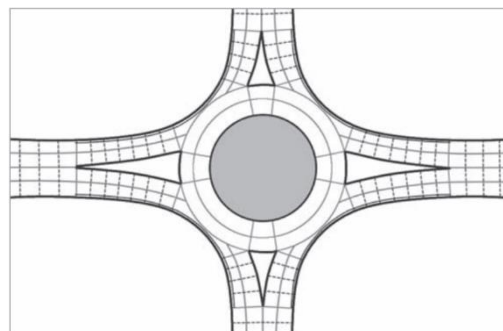
2. Dibujar las líneas que definen los carriles en el círculo de la rotonda y en cada una de las ramas, de manera tal que el círculo quede aislado del resto



3. En el círculo y las ramificaciones, añadir juntas transversales en aquellos lugares donde cambie el ancho de calzada (inicio y fin de curvas, nariz de isletas, ensanches, etc.). Extenderlas más allá de las líneas de cordón.

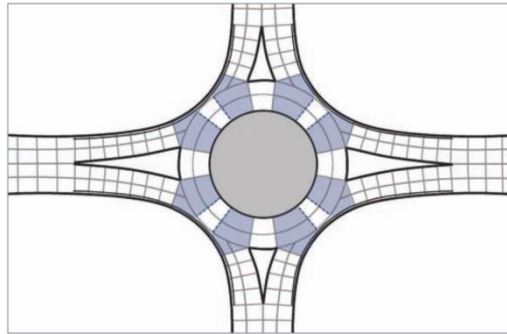


4. Fuera de las zonas de empalme, agregar juntas transversales intermedias a las definidas en el paso anterior y más allá de ellas, manteniendo las separaciones máximas recomendadas.

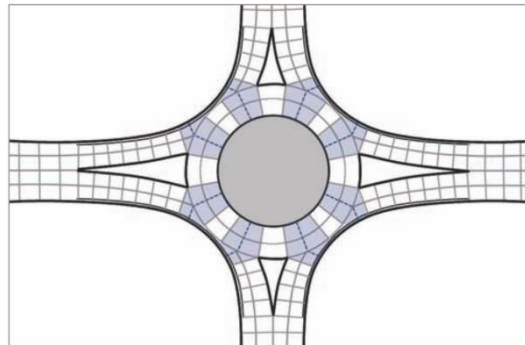




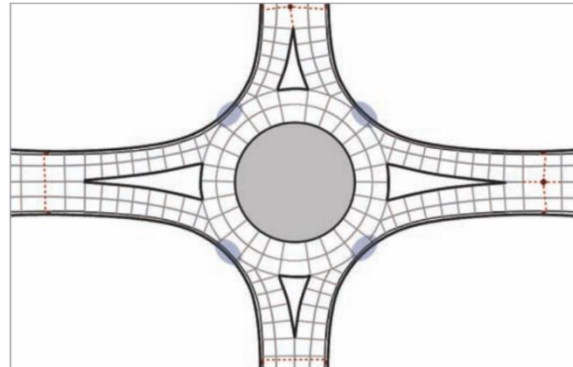
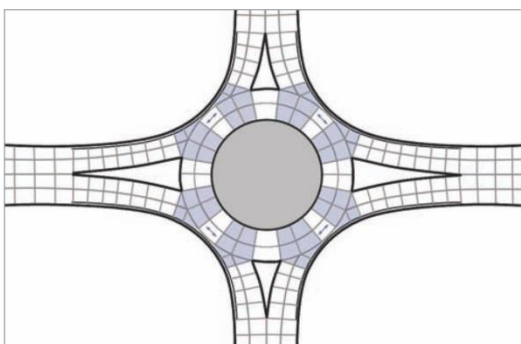
5. Extender los bordes de las ramas para definir la zona física de la intersección.



6. Definir los puntos de convergencia entre las juntas longitudinales de las ramas con las juntas transversales radiales en la rotonda, respetando las separaciones máximas recomendadas.



7. Revisar las distancias entre la zona física de intersección y las juntas adyacentes. Si las separaciones son mayores que la máxima permitida, agregar juntas intermedias con espaciamientos uniformes.
8. Hacer los ajustes necesarios para resolver individualmente los puntos de conflicto: losas con forma de L, losas triangulares pequeñas, estructuras fijas, etc.



Figuras N.º 38. Diseño de juntas longitudinales y transversales con sus zonas de conflictos. Fuente: MDCPH



9. Individualizar claramente el tipo de junta a materializar en cada caso.

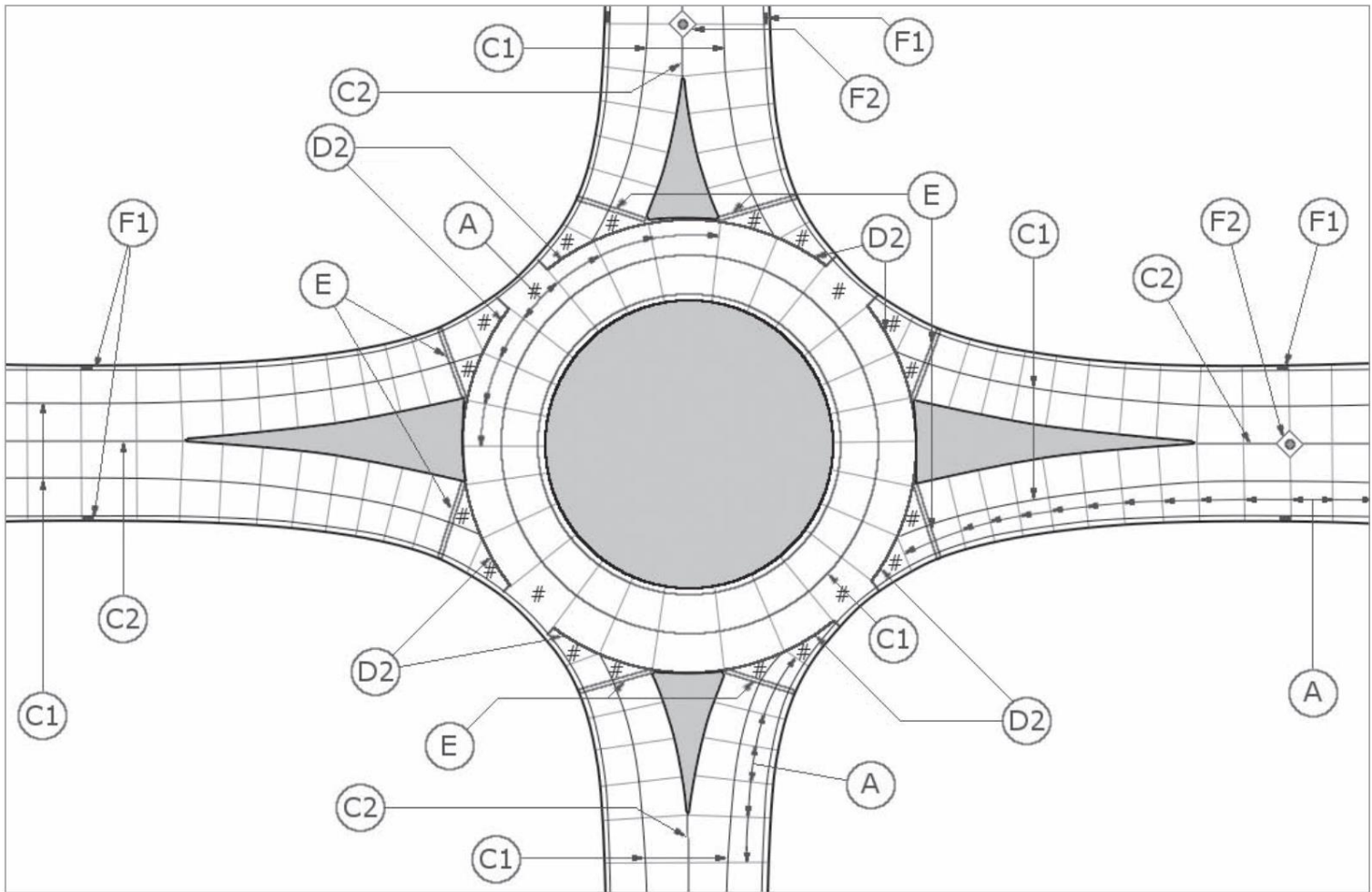


Fig. N°39. Distribución de juntas con identificación del tipo de junta a emplear en cada caso.

Fuente: MDCPH

## 5.6. RESULTADOS DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

A continuación, se presenta el resultado obtenido una vez definidos todos los parámetros anteriores, la planilla nos da un valor de 222 mm como mínimo de espesor para que el paquete estructural cumpla con las verificaciones tanto a Fatiga como a Erosión por bombeo.

PROYECTO	TRÁNSITO	ESTRUCTURA	VERIFICACIÓN	INFORME						
<b>PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES</b>				Reiniciar módulo						
<b>Obra:</b>	Interseccion Ruta Nacional N° 118 - Ruta Provincial N° 5		<b>Edad diseño:</b>	25 años						
<b>Categoría:</b>	Ruta		<b>TPMDA:</b>	543 VP/día						
<b>VERIFICACIÓN</b>										
<b>Datos del diseño</b> k combinado subrasante-base: 134,2 MPa/m Resist. a flexión del hormigón: 4,69 MPa Juntas transversales con pasadores: SI Banquina de hormigón vinculada: NO Total de ejes equivalentes estimados: 17,85 millones										
<b>Modelo de Fatiga:</b> PCA '84 <div style="text-align: right;">-----&gt; Factor de seguridad de cargas <b>1,2</b></div> <div style="text-align: right; font-size: small;">Para moderado volumen de tránsito (entre 100 y 1000 VP/día) se recomienda FSC = 1,1</div>										
<b>Control de datos cargados:</b>		<b>Datos completos</b> 								
<b>Espesor de calzada:</b> <b>222 mm</b> <-- Ingrese espesor a verificar en mm <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div>             Msg: Se ha encontrado espesor mínimo.  <div style="border: 1px solid gray; width: 200px; height: 40px; margin-top: 5px;"></div> </div> <div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px 5px; margin-bottom: 5px;">Determinar espesor mínimo</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px 5px;">Exportar informe</div> </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td><b>Consumo por Fatiga:</b></td> <td>1,5%</td> <td><b>VERIFICA</b></td> </tr> <tr> <td><b>Consumo por Erosión:</b></td> <td>99,5%</td> <td><b>VERIFICA</b></td> </tr> </table>					<b>Consumo por Fatiga:</b>	1,5%	<b>VERIFICA</b>	<b>Consumo por Erosión:</b>	99,5%	<b>VERIFICA</b>
<b>Consumo por Fatiga:</b>	1,5%	<b>VERIFICA</b>								
<b>Consumo por Erosión:</b>	99,5%	<b>VERIFICA</b>								

Tabla N.º27. Planilla de verificación de espesores. Fuente: Planilla de diseño del paquete estructura (elaboración propia).

Se adopta un valor de 250mm de espesor de calzada de hormigón H-30 quedando definido el paquete estructural de la siguiente forma:



## PAQUETE ESTRUCTURAL DEFINIDO PAVIMENTO TIPO RIGIDO

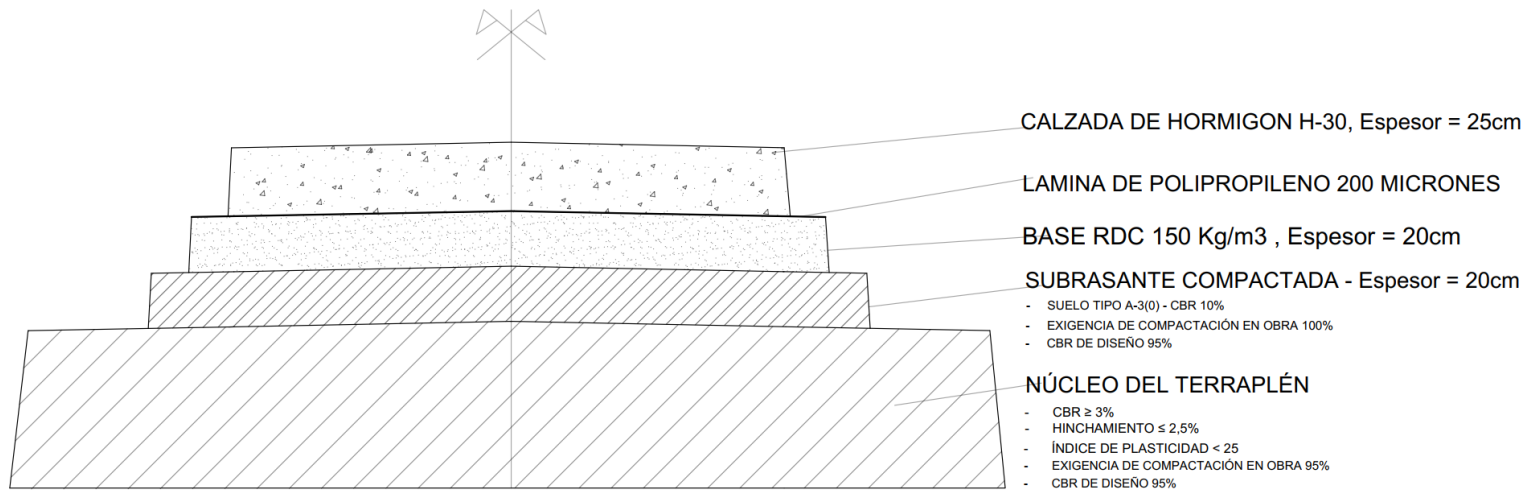


Fig. N° 40. Paquete estructural adoptado. Fuente: Elaboración propia

## 5.7. VERIFICACIÓN DEL METODO FATIGA Y EROSION

Después de evaluar los diversos factores que intervienen en el diseño, el procedimiento comienza con la definición de un espesor de losa de prueba. Este espesor se calcula considerando los daños por fatiga y erosión provocados por el tránsito, así como las condiciones específicas del proyecto analizado.

Se presenta el informe de la verificación por fatiga y erosión generada por la planilla de cálculo de espesores de pavimento rígido, cabe mencionar que se puede realizar la verificación de forma gráfica utilizando formulas y ábacos para determinar los parámetros, esta metodología fue presentada en el capítulo de Paquete estructural.



## PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Hoja 1/3

### Datos de Proyecto

**Obra:** Interseccion Ruta Nacional N° 118 - Ruta Provincial N° 5

**Categoría:** Ruta

**Comitente:** UNNE

**Ubicación:** Departamento de Concepcion - Municipio de Santa Rosa

**Longitud:**

**Periodo de diseño:** 25 años

**Descripción:**

### Datos de Diseño

#### Tránsito

Tránsito pesado medio diario anual:	543 VP/día
Tasa de crecimiento:	2%
Coef. Distr. por sentido de circulación:	50%
Coef. Distr. por carril:	100%
Total vehiculos pesados en carril de diseño:	3.175.865 VP
Total ejes equivalentes 8,2tn (AASHTO):	18.012.975 (Con espesor de 22,2 cm)

#### Estructura

k combinado subrasante-base:	134 MPa/m
Resist. a flexión del hormigón:	4,7 MPa
Factor de seguridad de cargas:	1,2
Juntas transversales con pasadores:	SI
Banquina de hormigón vinculada:	NO

#### Verificación

Modelo de fatiga: PCA '84

**Espesor de diseño:**

**22,2 cm**

Consumo por Fatiga: 2%  
Consumo por Erosión: 99%

Tabla N° 27. Tabla de verificación de espesores. Planilla de diseño del paquete estructura (elaboración propia).

Espectro de cargas utilizado en los cálculos

CONFIGURACION DE CARGAS POR EJE Ejes por cada 1000 Vehículos Pesados (excluyendo todos los vehículos de 2 ejes-4 cubiertas)					
Ejes simples		Ejes Dobles		Ejes Triples	
Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes
16	0,0	30	0,0	45	0,0
15	0,0	28	0,0	42	0,0
14	0,0	26	0,0	39	0,0
13	0,0	24	0,0	36	0,0
12	112,0	22	0,0	33	0,0
11	250,0	20	125,0	30	0,0
10	357,0	18	155,0	27	50,0
9	250,0	16	100,0	24	75,0
8	250,0	14	81,0	21	35,0
7	360,0	12	60,0	18	21,0
6	395,0	10	20,0	15	20,0
5	150,0	8	10,0	12	14,0
4	95,0	6	0,0	9	0,0
3	0,0	4	0,0	6	0,0
<b>Total simples:</b>	<b>2219</b>	<b>Total dobles:</b>	<b>551,0</b>	<b>Total triples:</b>	<b>215</b>

Tabla N°28. Planilla de espectro de cargas utilizado. Fuente: Elaboración propia

Detalle consumos de Fatiga y Erosión por eje

Hoja 3/3

	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes simples	16,0	19,2	152	35630	0,4%	372600	0,04%
	15,0	18,0	0	94354	0,0%	537896	0,00%
	14,0	16,8	0	274397	0,0%	799824	0,00%
	13,0	15,6	0	1327618	0,0%	1233423	0,00%
	12,0	14,4	355697	32143752	1,1%	1992276	17,85%
	11,0	13,2	793966	Ilimitado	0,0%	3421993	23,20%
	10,0	12,0	1133784	Ilimitado	0,0%	6409080	17,69%
	9,0	10,8	793966	Ilimitado	0,0%	13715813	5,79%
	8,0	9,6	793966	Ilimitado	0,0%	37281711	2,13%
	7,0	8,4	1143311	Ilimitado	0,0%	183290049	0,62%
	6,0	7,2	1254467	Ilimitado	0,0%	Ilimitado	0,00%
	5,0	6,0	476380	Ilimitado	0,0%	Ilimitado	0,00%
	4,0	4,8	301707	Ilimitado	0,0%	Ilimitado	0,00%
	3,0	3,6	0	Ilimitado	0,0%	Ilimitado	0,00%
				<b>Total ES</b>	<b>1,5%</b>	<b>Total ES</b>	<b>67,33%</b>

	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes dobles	30,0	36,0	0	11467299	0,0%	295573	0,00%
	28,0	33,6	6	Ilimitado	0,0%	436879	0,00%
	26,0	31,2	133	Ilimitado	0,0%	667334	0,02%
	24,0	28,8	0	Ilimitado	0,0%	1061914	0,00%
	22,0	26,4	0	Ilimitado	0,0%	1781184	0,00%
	20,0	24,0	396983	Ilimitado	0,0%	3207880	12,38%
	18,0	21,6	492259	Ilimitado	0,0%	6403429	7,69%
	16,0	19,2	317586	Ilimitado	0,0%	15087231	2,11%
	14,0	16,8	257245	Ilimitado	0,0%	49181203	0,52%
	12,0	14,4	190552	Ilimitado	0,0%	458258464	0,04%
	10,0	12,0	63517	Ilimitado	0,0%	Ilimitado	0,00%
	8,0	9,6	31759	Ilimitado	0,0%	Ilimitado	0,00%
	6,0	7,2	0	Ilimitado	0,0%	Ilimitado	0,00%
	4,0	4,8	0	Ilimitado	0,0%	Ilimitado	0,00%
				<b>Total ED</b>	<b>0,0%</b>	<b>Total ED</b>	<b>22,75%</b>





	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes triples	45,0	54,0	0	ilimitado	0,0%	158253	0,00%
	42,0	50,4	0	ilimitado	0,0%	233247	0,00%
	39,0	46,8	6	ilimitado	0,0%	354375	0,00%
	36,0	43,2	102	ilimitado	0,0%	558742	0,02%
	33,0	39,6	0	ilimitado	0,0%	923013	0,00%
	30,0	36,0	0	ilimitado	0,0%	1620630	0,00%
	27,0	32,4	158793	ilimitado	0,0%	3095524	5,13%
	24,0	28,8	238190	ilimitado	0,0%	6708023	3,55%
	21,0	25,2	111155	ilimitado	0,0%	18047968	0,62%
	18,0	21,6	66693	ilimitado	0,0%	78933485	0,08%
	15,0	18,0	63517	ilimitado	0,0%	16561613356	0,00%
	12,0	14,4	44462	ilimitado	0,0%	ilimitado	0,00%
	9,0	10,8	0	ilimitado	0,0%	ilimitado	0,00%
	6,0	7,2	0	ilimitado	0,0%	ilimitado	0,00%
Total ET					0,0%	Total ET	9,40%
TOTALES				FATIGA:	1,5%	EROSIÓN:	99,5%

Tabla N°28. Planilla de detalles de consumo por fatiga y erosión por tipo de eje. Fuente: Elaboración propia

## 5.8. RECOMENDACIONES PARA LA EJECUCIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

### 5.8.1. Suelos de subrasante

Las prácticas óptimas de diseño y construcción para lograr una subrasante adecuada abarcan:

- Mantenimiento de una distancia adecuada del nivel freático, para prevenir la reducción del Valor Soporte, el bombeo o el efecto de heladas en zonas frías.
- Tratamiento de suelos de baja calidad mediante la aplicación de cal o cemento, o el aporte de suelos que cumplan con los estándares requeridos.
- Selección de materiales de alta calidad para la parte superior del terraplén.
- Mezcla de suelos para facilitar una transición suave en áreas donde hay cambios bruscos en el tipo de material de la subrasante.
- Compactación con humedad y densidad adecuadas para garantizar un soporte uniforme y estable al pavimento.

En el caso de los pavimentos de hormigón, es crucial que la subrasante proporcione un soporte estable y uniforme a lo largo del tiempo, resistiendo las cargas del tránsito y las variaciones climáticas durante su vida útil.

Es fundamental realizar un análisis detallado de tres posibles causas de no uniformidad: la presencia de suelos expansivos, suelos propensos a hincharse por congelación, y la pérdida de soporte debido a la erosión.

### 5.8.2. Consideración de suelos expansivos

Los suelos expansivos presentan un desafío significativo en la construcción de pavimentos rígidos, ya que su volumen puede variar drásticamente con cambios en la humedad. Estos



cambios de volumen pueden provocar deformaciones en la estructura del pavimento, generando fisuras y fallas prematuras. Por lo tanto, es fundamental realizar un estudio geotécnico adecuado que permita identificar la presencia de estos suelos en la zona de ejecución.

La reacción de un suelo ante determinadas condiciones está influenciada por su composición, estructura e historia geológica. Los cambios de volumen son principalmente provocados por las estructuras coloidales, que al liberar agua pueden causar asentamientos debido a la carga, desecación o variaciones térmicas.

Cuando se reducen o cesan los factores que expulsan el agua, el proceso se invierte; la humedad disponible vuelve a penetrar en la estructura de las partículas, ocasionando una expansión.

Las deformaciones diferenciales que resultan de la expansión o contracción de suelos plásticos generan una subrasante con soporte no uniforme. Esto puede llevar a deformaciones en el pavimento de hormigón, afectando su desempeño adecuado.

### 5.8.3. Evaluación del Terreno

Antes de iniciar la construcción, se deben llevar a cabo pruebas de laboratorio y en el sitio para determinar el índice de plasticidad, la expansión potencial y la capacidad de carga del suelo. Es recomendable utilizar técnicas como la excavación de calas y la realización de ensayos de compactación y carga para obtener un perfil detallado de las condiciones del suelo.

### 5.8.4. Identificación de Suelos Expansivos

La experiencia y la investigación han proporcionado información sobre el potencial de diferentes tipos de suelos para experimentar cambios de volumen y su impacto en el rendimiento del pavimento.

Así, se puede evaluar la capacidad de un suelo para expandirse mediante la realización de ensayos rutinarios sencillos.

La siguiente tabla ofrece una estimación del potencial de cambios volumétricos en suelos plásticos, basado en el índice de plasticidad y otros parámetros relevantes.

Contenido de coloides (< 0.001 mm, %)	Índice de Plasticidad (LL - LP)	Límite de Contracción (%)	Expansión probable* de seco a saturado (%)	Grado de expansión
> 28	> 35	< 11	> 30	Muy alto
20 - 31	25 - 41	7 - 12	20 - 30	Alto
13 - 23	15 - 28	10 - 16	10 - 20	Medio
< 15	< 18	> 15	< 10	Bajo

\* Ensayo basado en una presión de 0,07 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla N°29. Relación entre las propiedades de los suelos y su potencial de expansión.**

**Fuente: MDCPH**

En nuestro caso el tipo de suelo de la zona presenta un índice de plasticidad bajo tendiendo a 0, lo que representa un riesgo bajo de expansión.



La experiencia indica que los suelos con grados de expansión medio y bajo generalmente no representan un riesgo para los pavimentos de hormigón, siempre que se realice una preparación adecuada de la subrasante.

Los suelos que tienen un potencial de expansión suficiente para dañar pavimentos rígidos suelen clasificarse dentro de los grupos A-6 y A-7 según la clasificación HRB (AASHTO), así como en las categorías CH (arcilla de alta plasticidad), MH (limo de alta plasticidad) y OH (material orgánico de alta plasticidad) según la clasificación unificada S.U.C.S.

Clasificación general		Materiales granulares, 35 % o menos pasa el tamiz #200 (75 µm)							Materiales limoarcillosos, más de 35 % pasa el tamiz #200 (75 µm)			
Clasificación del grupo		A-1		A-3*	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Tamizado, % que pasa	No. 10 (2,00 mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	No. 40 (425 µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
	No. 200 (75 µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa el tamiz #40 (425 µm)												
Límite líquido		...		...	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad		6 máx.		N.P.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.**
Tipos de materiales característicos		Piedra partida, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación como subrasante		Excelente a bueno							Regular a malo			

\* La ubicación de los suelos A3 antes que los A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

\*\* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Es un sistema de clasificación de suelos según sus propiedades desde el punto de vista ingenieril, basado en su desempeño en carreteras. El sistema agrupa los suelos con similar capacidad portante y nivel de servicio en siete grupos (A-1 a A-7) de manera tal que, a medida que aumenta el número de la clasificación, disminuye la calidad del suelo. Algunos grupos se subdividen para caracterizar aún más el material según su plasticidad.

**Tabla N° 30. Tabla de clasificación de suelos de la HRB. Fuente:**

#### 5.8.5. Medidas preventivas para el control de hinchamiento en suelos expansivos

Para mitigar el impacto de los suelos expansivos en el pavimento rígido, se pueden implementar diversas medidas preventivas:

- Distribución de los Suelos de Subrasante**

La presión ejercida por las capas superiores reduce la expansión de los suelos en las capas inferiores. Algunas mediciones en campo han registrado expansiones excesivas de hasta 30 cm a 60 cm de profundidad, disminuyendo gradualmente hasta volverse insignificantes a profundidades de 4,5 m a 5 m. Por lo tanto, se recomienda colocar los suelos más expansivos en las capas inferiores de los terraplenes, mientras que los suelos menos expansivos deben situarse en la parte superior.

En casos de desmontes profundos que involucran suelos altamente expansivos, puede producirse un significativo hinchamiento debido a la eliminación de la sobrecarga y al aumento de humedad. Por ello, es importante planificar la extracción de estos suelos con anticipación



respecto a otras operaciones de preparación de la subrasante, para permitir la adecuada expansión.

- **Control de Compactación y Humedad**

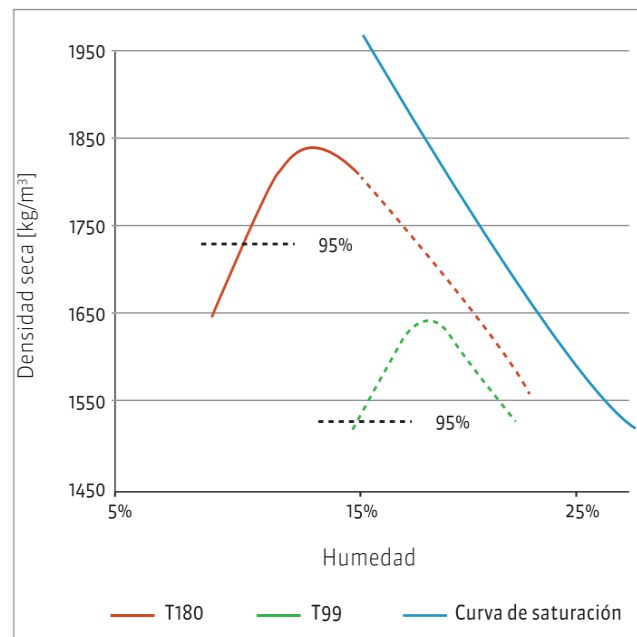
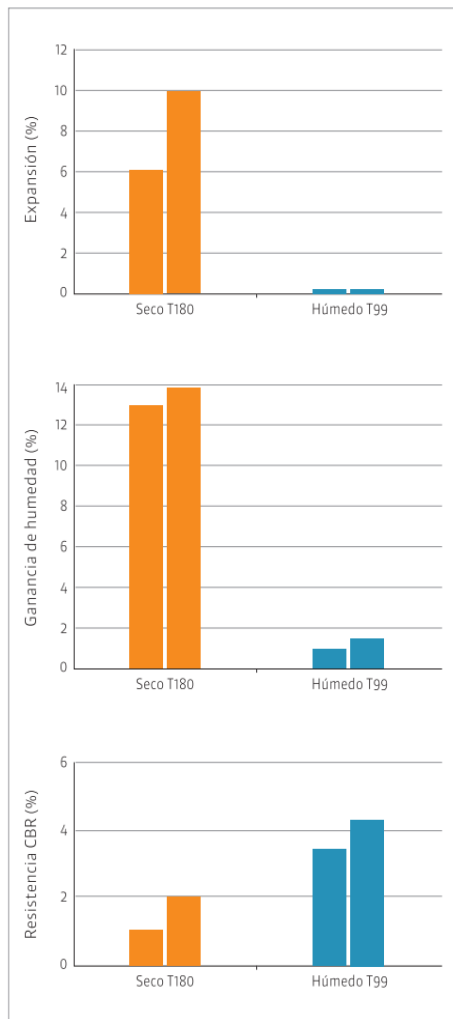
Los cambios de volumen en suelos expansivos pueden minimizarse mediante un manejo adecuado de la humedad y densidad durante la compactación.

Generalmente, se busca lograr una compactación a una humedad entre el 1% y el 3% por encima del valor óptimo determinado por el ensayo Proctor Estándar (T-99). En el caso de terraplenes altos, se debe compactar la parte superior a una humedad ligeramente superior a la óptima, mientras que la parte inferior debe estar ligeramente por debajo de este valor.

Esta estrategia se basa en que compactar suelos finos a una humedad ligeramente superior a la óptima del Proctor T-99 resulta en una estructura más resistente a la pérdida de agua por evaporación y a aumentos de humedad por absorción. Si se compactara un suelo fino con menor humedad y con una energía de compactación más alta, adecuada para suelos granulares (Proctor Modificado T-180), se incrementaría el potencial de expansión del suelo fino.

La figura siguiente ilustra cómo estos enfoques afectan la reducción de la expansión, la humedad y el aumento de la resistencia a penetración (CBR) de un suelo A-6, comparando la compactación con humedad inferior al óptimo (lado seco) en un Proctor Modificado, con una compactación a una humedad ligeramente superior al óptimo (lado húmedo) en un Proctor Estándar.

Además, es crucial evitar que la subrasante se seque antes de la colocación del pavimento de hormigón. Si esto sucede, es necesario recompatar el suelo a la humedad especificada.



- **Cobertura con Suelos No Expansivos**

En regiones donde se experimentan períodos prolongados de sequía, puede ser necesario cubrir toda la subrasante (tanto la calzada como las banquetas) con suelos de bajo cambio volumétrico. Esta cobertura ayuda a minimizar las variaciones de humedad y actúa como una sobrecarga que reduce la expansión del suelo.

El espesor recomendado de la cobertura varía según las características expansivas de la subrasante y la severidad del clima. Generalmente, se sugiere un espesor de entre 10 cm y 15 cm para condiciones favorables de suelo y clima, y de 30 cm a 45 cm para suelos muy expansivos y en condiciones climáticas extremas.

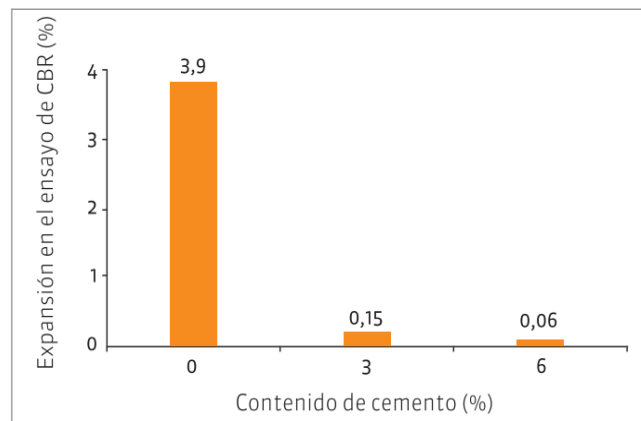


Los suelos ideales para este propósito son aquellos con bajo cambio volumétrico y baja permeabilidad, ya que una permeabilidad alta puede provocar una mayor pérdida de agua por evaporación. Además, el material no debe ser bombeable, aunque si se utilizan espesores superiores a 15 cm, solo los 15 cm superiores deben cumplir con esta condición.

- **Tratamiento de la Subrasante con Cemento o Cal**

Si no se dispone de suelos no expansivos para la cobertura, modificar los suelos existentes con cal o cemento puede ser una opción más económica, ya que esto reduce significativamente sus propiedades expansivas.

La figura siguiente presenta los resultados de las mediciones de expansión en el ensayo CBR de un suelo A-7-6, comparando su comportamiento sin tratamiento y con adiciones del 3% y 6% de cemento.



**Fig. N°43. Tratamiento con cemento de una arcilla expansiva. Fuente: MDCPH**

El análisis de las variaciones en las propiedades físicas del suelo es esencial para establecer el contenido adecuado de ligantes hidráulicos. Comúnmente, se utilizan el Índice de Plasticidad y el límite de contracción para evaluar la efectividad del tratamiento.

La tabla siguiente ilustra el impacto de estos factores y de la resistencia a la compresión en tres suelos arcillosos diferentes.





Suelo N°	Tratamiento	Límite de contracción (%)	Índice Plástico	Resistencia a la compresión, 28 días (kg/cm²)
1	ninguno	13	30	-
	3 % de cemento	24	13	9,5
	3 % de cal	27	10	9,0
	5 % de cemento	30	12	16,4
	5 % de cal	29	10	13,4
7	ninguno	13	36	-
	3 % de cemento	26	21	10,5
	3 % de cal	30	17	6,8
	5 % de cemento	32	17	16,3
	5 % de cal	34	14	11,5
10	ninguno	14	43	-
	3 % de cemento	24	24	13,1
	3 % de cal	25	25	16,5
	5 % de cemento	31	16	26,5
	5 % de cal	30	17	20,5

Tabla N°31. Efecto de la incorporación de cal y cemento en suelos de alta plasticidad. Fuente: MDCPH

La utilización de coberturas de suelos no expansivos o el tratamiento de la subrasante con cal es una de las soluciones más comunes en nuestro país para mitigar los efectos negativos en subrasantes consideradas expansivas. Los espesores de cobertura o tratamiento suelen variar entre 20 cm para suelos con potencial de expansión moderado y hasta 30 cm para aquellos con potencial alto.

En estos casos, es recomendable que la cobertura con el suelo seleccionado o el tratamiento con cal se aplique a lo largo de todo el ancho del coronamiento, especialmente en suelos clasificados con un potencial de expansión alto o muy alto.

#### 5.8.6. Resistencia a la erosión

Como se mencionó anteriormente, la función principal de la base del pavimento es prevenir la erosión en la interfaz entre la losa y el apoyo. En este contexto, la evaluación de la resistencia a la erosión del material utilizado es de suma importancia, ya que la erosión puede debilitar la estructura y provocar fallas en el pavimento.

Existen diversas herramientas para evaluar la erosionabilidad de los materiales destinados a ser utilizados como base en pavimentos rígidos.

La Asociación Mundial de la Carretera [PIARC. 1986] proporciona una clasificación práctica que se detalla en la siguiente tabla, que incluye cinco clases. En esta clasificación, la resistencia a la erosión promedio de cada clase es cinco veces mayor (o menor) que la de la clase adyacente.



Clase	Potencial de Erosión	Tipo de material	Factor de Pérdida de Soporte, LS [AASHTO 93]*
A	Extremadamente resistente a la erosión	Hormigón pobre con 7 % - 8 % de cemento o mezclas de concreto asfáltico.	0
B	Resistente a la erosión	Material granular tratado con 5 % de cemento.	0
C	Resistente a la erosión bajo ciertas condiciones	Material granular elaborado en planta con 3,5 % de cemento o 3 % de asfalto.	0
D	Bastante erosionables	Material granular elaborado in situ con 2,5 % de cemento; suelos finos tratados con cemento in situ; materiales granulares limpios, bien graduados y de buena calidad.	0-1
E	Muy erosionables	Materiales granulares contaminados no tratados; suelos finos no estabilizados.	2-3

\* Se ha agregado a la tabla el Factor de Pérdida de Soporte (LS) sugerido para cada caso

**Tabla N°32. Calificación del potencial de Erosión de distintos tipos de Bases (PIARC 1986).**

**Fuente: MDCPH**

Para nuestro caso que contamos con una base de RDC 150 kg/m<sup>3</sup> que corresponde a un 7% de contenido de cemento aproximadamente, representa un tipo de material clase B resistente a la erosión.

La Asociación Mundial de la Carretera sugiere el uso de materiales de clase A y B para vías con alto tránsito de vehículos pesados (más de 2000 vehículos pesados por día), dependiendo de las condiciones ambientales.

Los materiales de clase A no solo ofrecen excelentes prestaciones, sino que también son menos sensibles a las condiciones de ejecución. En cambio, el uso de materiales de clase B proporciona una mejora significativa en la confiabilidad del proceso, lo que permite obtener resultados sobresalientes si se siguen adecuados procedimientos constructivos.

Para un volumen moderado de vehículos pesados (de 400 a 2000 vehículos pesados por día), un material de clase C puede ser suficiente, siempre que las operaciones de colocación se realicen con cuidado.

En el caso de tránsito liviano (menos de 400 vehículos pesados por día) o si las condiciones económicas no permiten el uso de un material de clase C, se puede optar por un material de clase D. Finalmente, para vías donde los vehículos pesados circulan de forma esporádica (como caminos rurales y calles residenciales en áreas urbanas), un material de clase E es generalmente adecuado.

#### 5.8.7. Bases cementadas

Las bases cementadas están formadas por materiales unidos con cemento. Su principal ventaja es el notable aumento de la resistencia a la erosión, así como su capacidad para proporcionar un soporte uniforme y resistente.

El aumento de rigidez también es beneficioso para el comportamiento a largo plazo de las juntas del pavimento, ayudando a mantener la eficiencia en la transferencia de carga en las juntas transversales de contracción. Sin embargo, es importante considerar que esta mayor rigidez puede incrementar las tensiones asociadas al alabeo debido a cambios en la humedad y temperatura.

Por lo tanto, en este tipo de bases, se debe restringir tanto la resistencia como el espesor, ya que esto puede resultar en un aumento significativo de la rigidez de apoyo, lo que podría ocasionar problemas relacionados con las tensiones de alabeo, tanto en etapas tempranas como durante su uso.

La siguiente tabla resume cuatro opciones para romper la adherencia entre la base cementada y la calzada de hormigón. Entre ellas, las más efectivas incluyen la interposición de una membrana antiadherente, como el uso de film de polietileno o geotextil.

Material	Comentario
Compuesto de curado	Dos capas de compuesto de curado color blanco, con base de parafina funcionan adecuadamente. No recomendado para hormigón pobre.
Emulsión asfáltica	Funciona adecuadamente siempre que la base cuente con una terminación lisa. No recomendado para hormigón pobre.
Geotextil	Debe cumplir con lo indicado en la Tabla 2-6 y estar adherido a la superficie de la base. Es altamente recomendable cuando se emplean bases de hormigón pobre.
Láminas de polietileno	Genera alta confiabilidad a un costo relativamente bajo. En zonas ventosas, puede dificultarse su colocación. Es recomendable para bases de hormigón pobre.

**Tabla N° 33. Materiales para la interfaz apoyo-losa. Fuente: MDCPH**

Para nuestro paquete estructural se adoptó una lámina de polipropileno de 200 micrones para la interfaz apoyo-losa

La colocación de un geotextil, en lugar de actuar como una barrera impermeable en el fondo de la losa, ofrece varias ventajas. Proporciona un apoyo más elástico, lo que permite una mejor adaptación a las deformaciones que sufre la calzada. Además, facilita el drenaje del agua de infiltración en la interfaz entre la losa y el apoyo.

La adecuada consideración de los suelos expansivos, la implementación de medidas preventivas para su control y la atención a la resistencia a la erosión de la base son elementos fundamentales para garantizar la durabilidad y funcionalidad de los pavimentos rígidos. Siguiendo estas recomendaciones, se puede minimizar el riesgo de fallos prematuros y asegurar un rendimiento óptimo de las calzadas de hormigón.



## 6. ANALISIS DE ALTERNATIVA (DISEÑO GEOMETRICO)

Como se mencionó anteriormente en este informe, el objetivo es abordar las problemáticas señaladas que afectan la intersección en cuestión en la actualidad. En este capítulo trataremos las alternativas para una intersección, la solución adoptada para nuestro caso con su correspondiente fundamento. Toda la información recolectada aquí, se obtuvo de la Norma y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial de Vialidad Nacional, en específico, el capítulo 5 de "Intersecciones".

### 6.1 GENERALIDADES

Genéricamente, una Intersección es el área donde dos ó más carreteras se encuentran ó cruzan, e incluye las facilidades que ofrecen la calzada y la zona lateral del camino para el movimiento del tránsito. Cada carretera que irradia de la intersección es una rama de la misma. Por ejemplo, la intersección común de dos carreteras tiene cuatro ramas.

TIPOS:

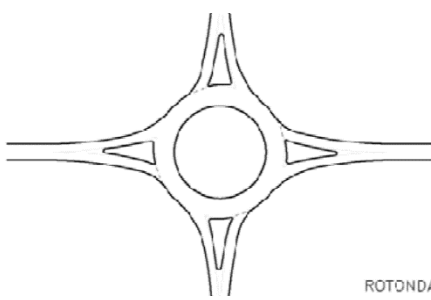
- **Intersecciones a nivel:** son nudos en los que todos los movimientos se efectúan a nivel.
- Distribuidores, Intercambiadores ó Enlaces: son aquellos en los que al menos uno de los movimientos de cruce se realiza a **distinto nivel**.

#### 6.1.1 Nudos: intersecciones y distribuidores separación de trayectorias **SEPARACIÓN TEMPORAL (INTERSECCIONES A NIVEL):**

- Reglas fijas de prioridad (ejemplo: prioridad a la derecha)
- Señalización de prioridad (Ceda o Pare) para una de las dos trayectorias. Fuera de zonas urbanas, esta ordenación de la circulación suele dar buenos resultados mientras las intensidades no sean elevadas.
- Semáforos. En las zonas urbanas.

#### **SEPARACIÓN ESPACIAL (INTERSECCIONES A DISTINTO NIVEL):**

- Separaciones de nivel. Cruce puro, sin ramas de conexión
- Distribuidores: Camino transversal a desnivel más ramas de conexión.



ROTONDA NORMAL

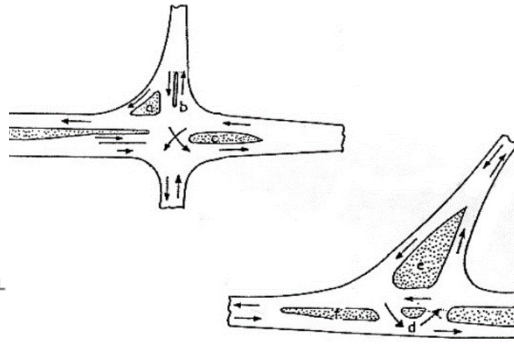
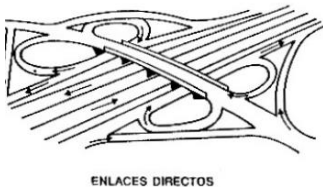
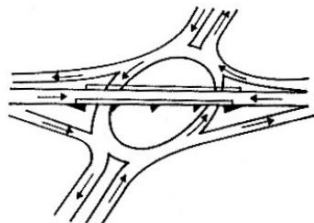


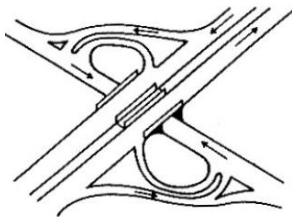
Fig. N° 44. Intersecciones a nivel. Fuente: Manual de diseño geométrico.



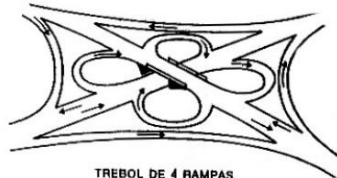
ENLACES DIRECTOS



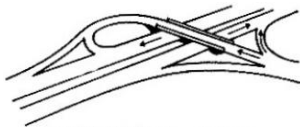
ROTONDA A 2 NIVELES



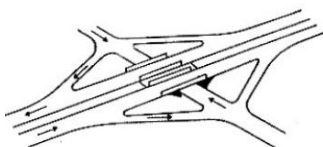
TREBOL DE 2 RAMPAS



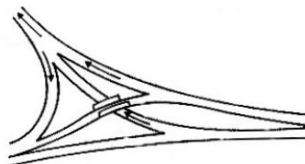
TREBOL DE 4 RAMPAS



INTERSECCION EN T o TROMPETA



DIAMANTE



INTERSECCION EN Y

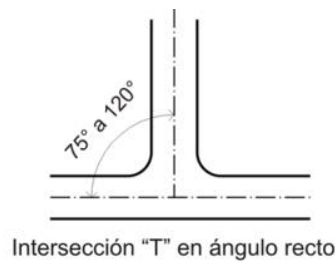


Fig. N°45. Distribuidores. Fuente: Manual de diseño geométrico.

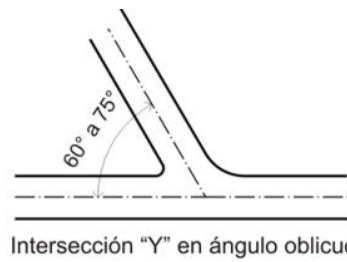


#### TIPOS DE INTERSECCIONES A NIVEL:

- a- DE TRES RAMALES EN T O EN Y
- b- DE CUATRO RAMALES EN X
- c- MULTIRRAMALES
- d- ROTONDAS: los vehículos entran en una calzada anular siguiendo la regla general de ceder el paso a los que circulan por el anillo. El número de ramales varía entre tres y cinco.

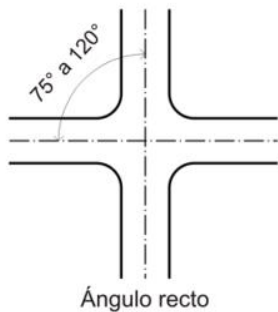


Intersección "T" en ángulo recto

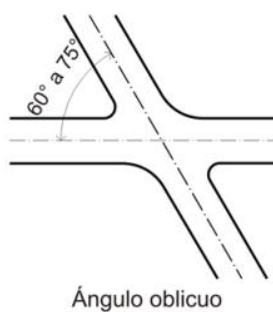


Intersección "Y" en ángulo oblicuo

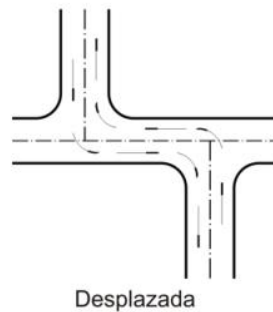
#### A - Intersecciones de tres ramas



Ángulo recto

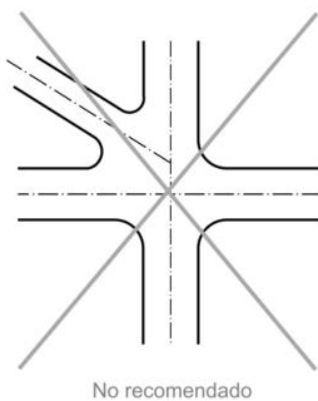


Ángulo oblicuo



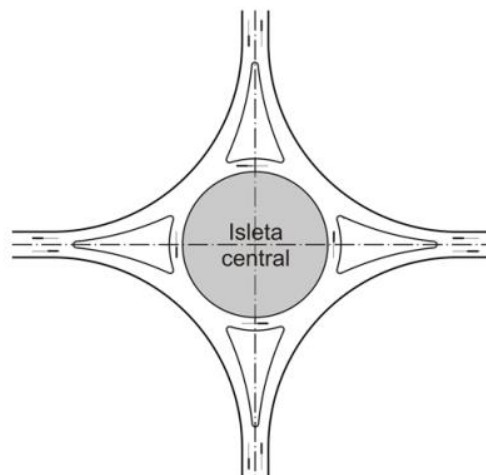
Desplazada

#### B - Intersecciones de cuatro ramas



No recomendado

#### C - Intersección multirramal



#### D - Rotonda

Fig. N°46. Tipos de intersecciones. Fuente: Manual de diseño geométrico.





### 6.1.2. Factores que intervienen en la elección del tipo de intersección

#### a-Tránsito

#### b- Entorno físico

#### c- Factores económicos

#### d- Factores humanos

#### a- Tránsito:

Volumen: el tránsito de cada ramal que entra en la intersección es el factor fundamental que determina la elección del tipo de intersección.

Distribución: también interviene en la elección del tipo de intersección:

- Tránsito directo: continúa por la prolongación de la vía de llegada luego de pasar por la intersección.

- Tránsito de intercambio: continúa por una vía que no es prolongación de la que se utilizó para llegar a la intersección.

Otras características del tránsito de cada ramal:

- Composición (porcentaje de livianos, pesados)
- Velocidad
- Movimientos de peatones o de ciclistas.

#### b- Entorno físico:

- Topografía: la presencia de desniveles entre caminos puede facilitar la disposición de intercambiadores.

- Jerarquía de las rutas que se interceptan: por definición, en autopistas no se permiten cruces a nivel.

- Ángulo de intersección

- Uso y disponibilidad del suelo: la posibilidad de ocupación de terrenos facilita el uso de radios más grandes para los giros.

- Distancias visuales: asociado a la elección del tipo de prioridad que se le va a dar.

#### c- Factores económicos:

- Costo de construcción

- Costo del terreno necesario

- Costo de operación de los usuarios del cruce

- Costo de accidentes

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, por lo que posiblemente no se justifique construir obras de arte costosas.

A medida que el tránsito aumenta, se incrementan la probabilidad de accidentes y las demoras en el cruce.



d- Factores humanos:

- Capacidad y hábitos de manejo de los conductores: respeto a la señalización, trayectorias en rotondas, etc.
- Habilidad y rapidez para tomar decisiones y la velocidad de reacción una vez tomada una decisión.
- Uso peatonal y de bicicletas en el área
- El efecto que produce la sorpresa: expectativas respecto al diseño

## 6.2 CRITERIOS DE JUSTIFICACION DE LA SOLUCION VIAL

En la intersección analizada, según los datos recopilados en un censo, se observa que la ruta nacional tiene un alto volumen de tránsito, mientras que la ruta provincial presenta un flujo vehicular menor. En este contexto, la implementación de una rotonda moderna se considera la opción más adecuada, ya que reduce de manera significativa la probabilidad y gravedad de los accidentes en comparación con otros tipos de intersecciones como explicaremos luego.

Las rotondas son soluciones viales efectivas que promueven un flujo vehicular continuo y moderan la velocidad de los vehículos, lo que disminuye los riesgos asociados con maniobras de giro y cruces de tránsito. Al reducir las posibilidades de colisiones frontales y laterales, que suelen ser las más graves, las rotondas aumentan la seguridad vial, minimizando así los puntos de conflicto.

Además, se proyecta un incremento en el flujo de tránsito en la zona debido al crecimiento turístico y al desarrollo industrial en sectores como la producción de madera y cítricos que existen. Este aumento en el tráfico vehicular hace necesario contar con una solución que pueda adaptarse a la mayor demanda sin comprometer la seguridad. La rotonda es particularmente adecuada en estos casos, ya que puede gestionar un volumen elevado de vehículos manteniendo la fluidez y reduciendo el riesgo de accidentes a medida que el tránsito se incrementa.

En contraste, la implementación de una intersección canalizada no es tan efectiva en este tipo de entornos, ya que, si bien puede ordenar el tránsito, no garantiza la disminución de la velocidad de los vehículos en la ruta nacional, lo que podría resultar en accidentes de mayor gravedad.

Por otra parte, la opción de una intersección semaforizada no es recomendable para rutas nacionales debido a que introduce tiempos de detención y aceleración que podrían afectar el flujo constante y rápido del tránsito propio de estas rutas, además de aumentar la probabilidad de accidentes por choques traseros. Por lo tanto, se descarta esta alternativa.

En conclusión, una rotonda moderna es la solución más eficiente para garantizar la reducción de accidentes y asegurar un tránsito fluido y seguro en esta intersección, adaptándose

al crecimiento esperado en la demanda vehicular derivado tanto del turismo como del desarrollo industrial en la región.

## 6.3 FACTORES CONSIDERADOS

### Los siniestros viales como un factor importante

Un aspecto primordial para la elección de dicha solución es la disminución de los siniestros viales, las estadísticas demuestran que las rotondas reducen significativamente la cantidad y gravedad de los accidentes en comparación con las intersecciones tradicionales controladas por semáforos o señales de “pare”. Esto se debe a la eliminación de los cruces directos y las colisiones frontales o laterales a 90 grados, siendo reemplazadas por giros suaves y colisiones a baja velocidad.

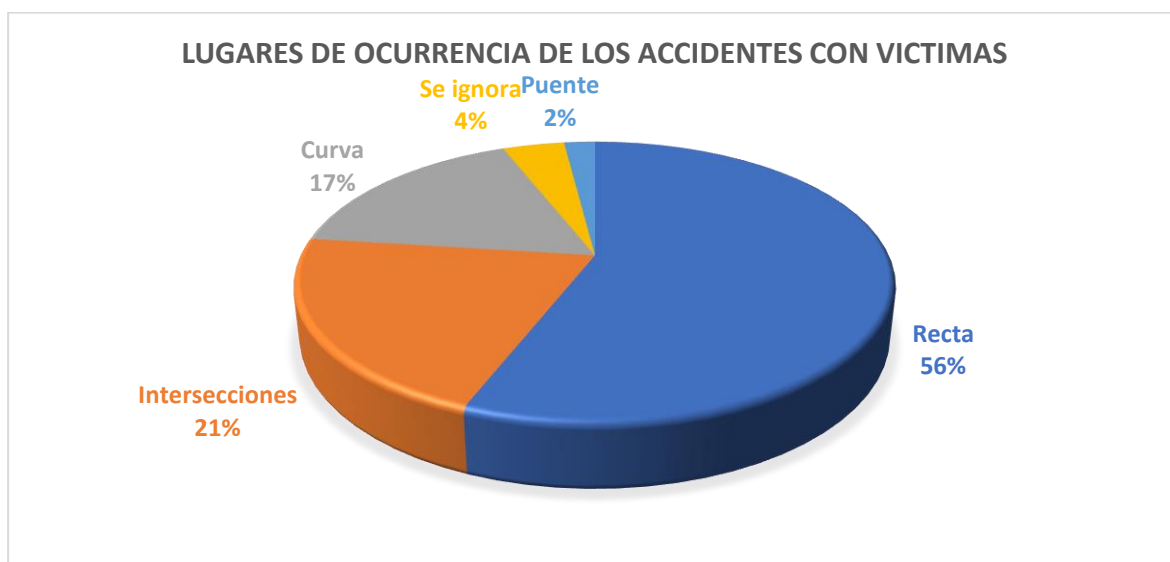


Fig. N° 47. Tendencia porcentual de los accidentes con víctimas referidos al lugar de ocurrencia de la Red Vial Nacional. Fuente: elaboración propia.



**Fig. N° 48. Porcentaje de accidentes con víctimas respecto del total de accidentes en intersecciones. Fuente: elaboración propia.**

Se recolectaron datos que fueron brindados por la Comisaria N°2 del Departamento de Saladas cuya jurisdicción abarca las rutas nacionales N° 118 y 12 de la provincia de Corrientes, los cuales presentan valores de accidentes con víctimas fatales, estos accidentes ocurren entre 2 y 3 veces cada 2 meses, a su vez nos informaron que estos valores son mayores al considerar los datos de la comisaria que tiene jurisdicción sobre la zona de la ruta nacional N° 118 y ruta provincial N° 13. Viendo y considerando estas cuestiones se puede estimar que los accidentes con víctimas fatales están en el rango de 4 a 5 accidentes cada 2 meses. Se presentan una tabla con los datos suministrados por la policía de corrientes:

<u>SINIESTROS VIALES</u>			
Hechos	Total	Esclarecidos	Ignorados
Homicidios culposos	2		
Lesiones graves	2	2	
Lesiones culposas	4	2	
Lesiones y abandono de persona	1		
Lesiones leves	2	2	
De oficio p/ Sup. Acc. De transito	2		
Accidente seguido de muerte	1		
De oficio p/ Sup. Lesiones de caracterer reservado en accidente	1		

**Tabla N° 34. Cantidad de siniestros viales. Fuente: elaboración propia con datos suministrados por la policía de Corrientes**



## **EL FUNCIONAMIENTO DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CONDUCTOR**

Sencillez: Todos los movimientos permitidos deben ser claros y fáciles de realizar, mientras que los movimientos prohibidos o no deseados deben ser difíciles de ejecutar. Es importante evitar diseños complejos que requieran decisiones complicadas por parte de los conductores o que desvíen su atención hacia múltiples puntos de conflicto simultáneamente.

Uniformidad: La mayoría de los conductores tiende a seguir rutinas y no siempre prestan suficiente atención a la conducción. En situaciones o entornos similares, buscarán instintivamente soluciones basadas en su experiencia previa. Un conductor que recorre el mismo camino todos los días se familiariza tanto con él que las diferencias sustanciales entre las intersecciones que encuentra a lo largo de su ruta no lo afectan significativamente.

## **IMPULSO AL TURISMO**

Este proyecto no solo mejorará la seguridad y fluidez del tráfico en una zona clave, sino que también servirá como un catalizador para impulsar el turismo en la región.

Corrientes es conocida por su riqueza natural y biodiversidad, con reservas que atraen a visitantes nacionales e internacionales. Como se ha mencionado anteriormente la intersección en cuestión se encuentra en un punto crucial de tránsito entre dos grandes áreas de reservas naturales, convirtiéndose en un nodo vital para el flujo de turistas.

Una rotonda moderna en este lugar no solo reducirá los tiempos de viaje y aumentará la seguridad vial, sino que también se puede diseñar para convertirse en un punto de bienvenida atractivo para los turistas. Con una planificación adecuada, la rotonda puede incluir elementos estéticos y funcionales, como señalización informativa sobre las reservas naturales, áreas de descanso, y posiblemente esculturas o murales que reflejen la cultura y biodiversidad de la región.

Además, esta infraestructura moderna podrá soportar mejor el aumento esperado en el tráfico turístico, permitiendo un acceso más fácil y seguro a las reservas. Esto, a su vez, incentivará a más personas a visitar la zona, sabiendo que las condiciones de viaje son óptimas y seguras.

En resumen, la implementación de una rotonda moderna en esta intersección no solo responde a necesidades viales y de seguridad, sino que también se alinea con una estrategia más amplia de desarrollo turístico, promoviendo el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental de la provincia de Corrientes.

## **6.4 CARACTERISTICAS DE LAS ROTONDAS**

Las rotondas son una forma muy avanzada de intersección circular, con un diseño y características específicas para el control del tráfico. Estas características incluyen el control de Ceda el Paso para el tráfico entrante, las aproximaciones canalizadas, las curvaturas geométricas restrictivas y los anchos de calzada, que se diseñan para regular la velocidad de los vehículos, facilitar el flujo eficaz del tráfico y reducir tanto el número como la gravedad de los accidentes y conflictos vehiculares.



En los últimos años, han sido ampliamente aceptadas por los profesionales del diseño y los usuarios de las vías debido a su eficiencia y seguridad. Gracias a estas medidas, en la mayoría de los casos, se ha demostrado que son comparables o incluso superiores a las intersecciones convencionales.

#### 6.4.1. Puntos de Conflictos

Los puntos de conflictos son potenciales de accidentes, en la cual, la probabilidad media es el producto de la exposición de un cierto número de usuarios a un riesgo determinado por:

- La configuración de la intersección
- La ordenación de la circulación.
- El comportamiento de los usuarios que resultan de ello.

La exposición al riesgo será mayor cuanto más crece la intensidad de la circulación de los movimientos que en él intervengan. Por lo que conviene adaptar el tipo de nudo a la importancia de estas intensidades, haciendo corresponder los menores niveles de riesgo, y evitando los tipos que den lugar a riesgos excesivos.

El número de puntos de conflictos de una intersección aumenta con el número de ramales que en él confluyen.



• 8 puntos

**Fig. N° 49. Puntos de conflictos en rotonda moderna. Fuente: Manual de diseño geométrico.**

La separación entre los puntos de conflicto también influye en las condiciones de la circulación. Es necesario tener en cuenta las velocidades de los vehículos y las necesidades de acumulación de aquellos que deben esperar.

#### 6.4.2. Influencia de la velocidad en la gravedad de los accidentes

La velocidad relativa entre los vehículos en conflicto tiene un impacto significativo en la gravedad de un accidente:

- En una convergencia, es importante que la componente de la velocidad del vehículo que se incorpora, paralela a la del otro, sea lo más similar posible; mientras que la componente perpendicular debe ser mínima. Por ello, en una convergencia, se prefieren ángulos pequeños entre las trayectorias y velocidades similares.





- Las divergencias siguen un patrón similar, donde, para evitar colisiones traseras, es esencial igualar las velocidades de los vehículos cuyas trayectorias se separan. Si uno de los vehículos necesita detenerse o tomar una curva a una velocidad reducida, puede requerir carriles de espera o de cambio de velocidad, respectivamente.
- En un cruce, para disminuir el tiempo necesario para realizarlo, interesa que las trayectorias se corten perpendicularmente y no con ángulos pequeños, con lo que se consiguen, además, unas mejores condiciones de visibilidad y de evaluación de la velocidad del otro vehículo.

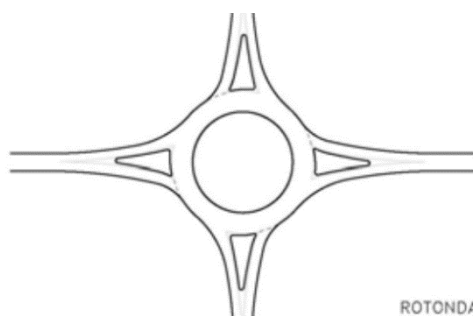
#### 6.4.3. Distancia visual en intersecciones

La distancia visual es crucial para la seguridad en las carreteras y su adecuada provisión facilita una operación eficiente. En esta sección se describen las medidas de diseño necesarias para asegurar que una intersección ofrezca, en todos sus puntos, suficiente visibilidad. Esto permite a los conductores realizar las maniobras necesarias para cruzar de forma segura y con mínimas interferencias.

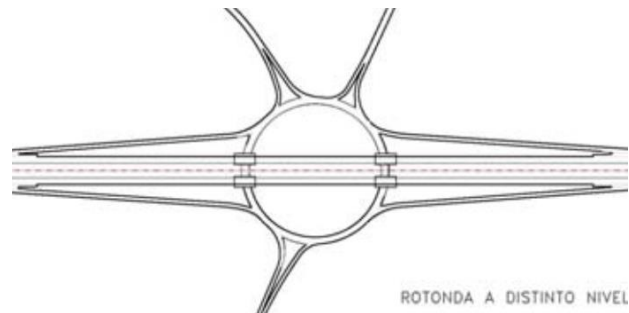
Se asume que los conductores se aproximan a la intersección a una velocidad acorde con la velocidad de diseño del camino por el cual circulan.

Las distancias visuales mínimas consideradas seguras en una intersección están directamente relacionadas con la velocidad de los vehículos y las distancias recorridas durante los tiempos normales de percepción, reacción y frenado, bajo ciertas hipótesis de condiciones físicas y comportamiento de los conductores.

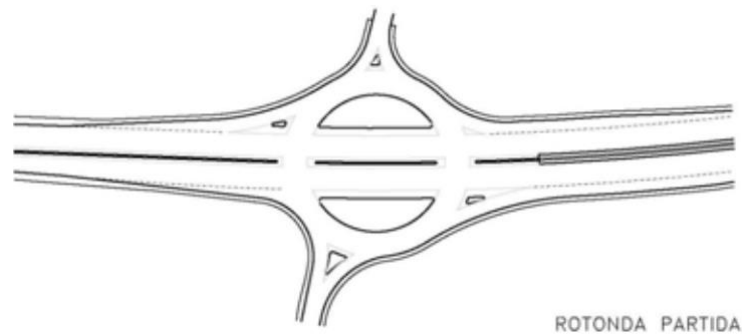
Existen distintos tipos de rotondas:



ROTONDA NORMAL



ROTONDA A DISTINTO NIVEL



ROTONDA PARTIDA



**ROTONDA NORMAL**



**ROTONDA PARTIDA**



**ROTONDA A DISTINTO NIVEL**

Fig. N° 50. Tipos de rotondas. Fuente: Manual de diseño geométrico.

#### 6.4.4. Adopción de la rotonda

La opción adoptada es una rotonda moderna y "normal" y se caracteriza principalmente de las "círculos de tránsito" por su prioridad de paso al tránsito que se encuentra circulando dentro de ella.

Las rotondas modernas representan una forma avanzada de intersección circular, diseñada con



características específicas para el control del tráfico. Estas características incluyen el control de Ceda el Paso para el tránsito entrante, aproximaciones canalizadas, curvaturas geométricas limitantes y anchos de calzada específicos. Su diseño se centra en regular la velocidad de los vehículos, facilitar el flujo eficiente del tráfico y minimizar tanto la cantidad como la gravedad de los choques y conflictos entre vehículos.

Las rotondas deben considerarse como una opción viable para mejorar intersecciones existentes controladas por señales de PARE en cuatro sentidos o semáforos con problemas de seguridad o funcionamiento.

En general, una rotonda bien diseñada es uno de los métodos más seguros para controlar una intersección. Estudios comparativos realizados antes y después de la implementación de rotondas indican una menor incidencia de accidentes en comparación con intersecciones controladas por semáforos, señales de PARE o Ceda el Paso. La principal razón es que las rotondas bien diseñadas reducen significativamente las velocidades relativas de los vehículos en comparación con otros tipos de intersecciones a nivel.

#### 6.4.5. Diferencias entre rotondas modernas y círculos de tránsito:

**Físicas.** Físicamente, la diferencia más notable es el tamaño; en tanto el diámetro del círculo inscrito de una *RM* rural de un carril diseñada para una *V* del orden de los 40 km/h no supera los 50 m, el diámetro mínimo inscrito de un *CT* para una *V* de 65 km/h es de 260 m, con una longitud mínima de entrecruzamiento entre extremos de isletas partidores de unos 70 m, y un anillo de no menos de 7,3 m de ancho.

**Reglamentarias.** La diferencia más notable es la prioridad de paso. Las *RM* dan prioridad al tránsito en el anillo, en tanto los *CT* la dan al que entra. En los *CT* se procura dar poca o ninguna deflexión al tránsito principal, en tanto que en las *RM* la deflexión es esencial para el tránsito principal y secundario.

**Otras diferencias.** Al estar gobernadas por pequeños diámetros y entradas deflexionadas, las *RM* operan con bajas velocidades del tránsito que entra o circula por el anillo. En contraste, los *CT* ponen énfasis en altas velocidades de convergencia y entrecruzamiento, posibilitadas por diámetros más grandes y entradas tangenciales. Al dar prioridad a los vehículos que entran, un *CT* tiende a bloquearse con altos volúmenes.

Otras características de las *RM* incluyen las isletas partidoras en las aproximaciones, para controlar la velocidad e impedir los giros a la izquierda, buena distancia visual, iluminación, señalización, marcación del pavimento, y sin cruces peatonales a través del anillo.

En las *RM*, los cruces peatonales se diseñan una o dos longitudes de automóvil antes de las líneas de Ceda el Paso, apenas desplazadas corrientes arriba del borde exterior del anillo.

La operación en una *RM* es también contraria a la de una intersección semaforizada, donde muchos conductores son alentados por una luz verde o amarilla a acelerar para pasar rápidamente por la intersección y ganarle a la luz roja.

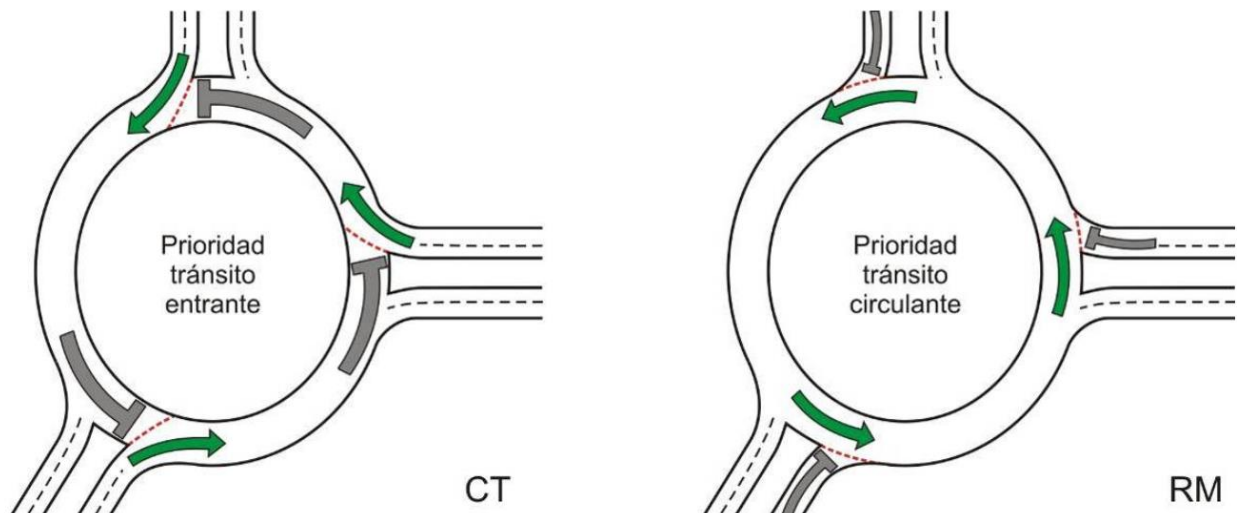


Fig. N° 51. Diferencias de prioridad de paso entre un Círculo de tránsito y una rotonda moderna. Fuente: HMC

La filosofía básica de diseño de las RM es limitar físicamente las velocidades de los vehículos mediante la deflexión de la trayectoria. Si ocurre un choque, será a baja velocidad y en un bajo ángulo de impacto. Las rotondas modernas reducen los accidentes y las demoras de tránsito.

Las velocidades más bajas brindan a los conductores más tiempo para tomar decisiones y, si cometen un error, pueden recuperarse y corregirlo. Esto también puede tener un efecto calmante sobre el tráfico, ofreciendo una ventaja significativa en términos de seguridad y reducción de accidentes en comparación con otros tipos de intersecciones a nivel. La reducción de la velocidad del tráfico entrante, junto con la regla de "ceder el paso", otorga prioridad al anillo de alta capacidad.

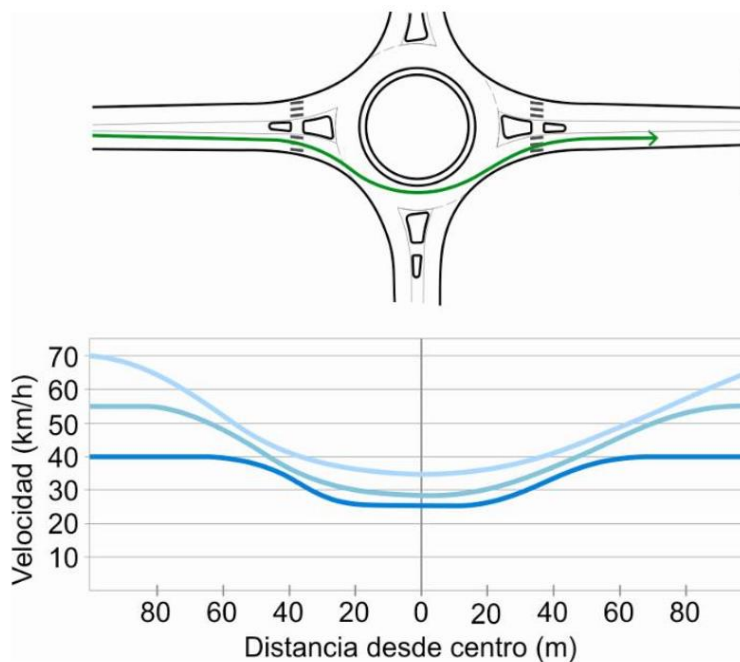


Fig. N° 52. Muestras teóricas de perfil de velocidad. Fuente: HMC



#### 6.4.6. Ventajas de una rotonda

- Solucionan todos los movimientos posibles en una intersección, incluidos los cambios de sentido, gestionando eficazmente los giros a la izquierda.
- Permiten manejar altos volúmenes de tráfico sin necesidad de semáforos.
- Son eficaces en intersecciones con más de 4 ramas (con un tráfico saliente superior a 20.000 vehículos por día).
- Su diseño sencillo y uniforme facilita su comprensión para los conductores.
- Son más seguras para los vehículos que las intersecciones a nivel, reduciendo los accidentes entre un 40% y un 70% tras su construcción, y hasta un 90% en el caso de accidentes mortales.

#### 6.4.7. Desventajas de una rotonda

- Implican la pérdida de prioridad en todas las vías que convergen en ellas, resultando en la pérdida de la jerarquía vial.
- Alargan los recorridos peatonales, ya que no se recomienda cruzar la calzada anular.
- No funcionan adecuadamente cuando se alternan con intersecciones controladas por semáforos.
- Los conductores de camiones grandes, como los WB-15 y mayores, pueden necesitar tiempo para adaptarse a la forma correcta de circular por rotondas de dos o más carriles.



#### 6.4.8. Elementos geométricos y características claves de una RM



Fig. N° 53. Muestras teóricas de perfil de velocidad. Fuente: HMC

#### Característica y Descripción:

- **Entrada:** La plataforma de aproximación antes de la plataforma de circulación y entre la cara de cordón derecho y el lado de aproximación de la isleta partidora. Esta característica clave es el principal determinante de la capacidad y seguridad de una rotonda.
- **Salida:** La plataforma de salida después de la plataforma de circulación y entre la cara del cordón derecho y el lado de salida de la isleta partidora.
- **Isleta central:** La zona elevada en el centro de una rotonda, alrededor de la cual circula el tránsito.
- **Isleta partidora:** Mediana elevada en una aproximación usada para separar los tránsitos de entrada y salida, desvía y lentifica al tránsito entrante y provee refugio a los peatones que cruzan el camino en dos etapas.
- **Plataforma de circulación, Anillo, Calzada anular:** Plataforma curvada de un-sentido usada por los vehículos para viajar en sentido antihorario alrededor de la isleta central.
- **Delantal de camiones:** Parte montable de la isleta central adyacente a la plataforma circulatoria. Se la requiere para acomodar las huellas de las ruedas traseras de grandes vehículos.





- **Línea de Ceda el Paso:** Línea marcada en el pavimento que separa el tránsito que se aproxima a la rotonda del tránsito ya en la calzada circulatoria.
- **Cruces peatonales:** Los cruces peatonales provistos en las rotondas deben ser accesibles. El cruce acomoda a todos los peatones (incluyendo las personas con discapacidades visuales), sillas de ruedas, carros de bebés, y bicicletas para cruzar la trayectoria, calle, etc. en dos etapas con un refugio cortado en la isleta partidora para permitir pasar a través de las trayectorias vehiculares.
- **Tratamientos Ciclistas:** Los tratamientos ciclistas en las rotondas proveen la opción de viajar a través de la rotonda montado en la bicicleta por el carril de viaje como un vehículo más, o salir de la plataforma y usar un paso peatonal como un peatón, o como un ciclista usando una trayectoria de uso compartido, según el nivel de comodidad del ciclista.
- **Bulevares:** Los bulevares se proveen en la mayoría de las rotondas para separar el tránsito vehicular del peatonal y alentar a los peatones a cruzar sólo en los cruces establecidos.
- **Vereda:** Senda peatonal. Es común proveer una senda compartida en el perímetro de la rotonda para acomodar a los peatones y ciclistas.

#### 6.4.9. Parámetros clave de diseño de la rotonda moderna

- **Ancho Carril Aproximación, V:** Mitad del ancho de calzada del ramal de aproximación corriente arriba de cualquier cambio en el ancho asociado con la rotonda. Típicamente, la mitad del ancho de calzada no es más que el ancho total del carril de aproximación. Si no hay carril ciclista marcado, entonces el ancho se mide desde la cara del cordón en el lado derecho hasta el cordón de la isleta partidora, o línea de eje central pintado o marcado, en el lado izquierdo.
- **Ancho de Entrada, E:** El ancho de entrada define el ancho donde se encuentra con el círculo inscrito. Se mide perpendicularmente desde la cara de cordón exterior hasta la cara de cordón interior en la isleta partidora. El ancho de entrada efectivo puede ser menor por factores de diseño y uso del suelo.
- **Longitud Efectiva de Abocinamiento:** Típicamente, la mitad de la distancia entre V y E. En esta distancia, el ancho de la calzada de aproximación iguale el promedio de V y E. El abocinamiento debe desarrollarse uniformemente y evitar un quiebre brusco donde comienza el abocinamiento. La longitud total de abocinamiento total es el doble que la longitud efectiva de abocinamiento.
- **Radio de Entrada:** El radio de entrada es el radio mínimo de curvatura del cordón exterior en una aproximación de entrada.
- **Ángulo de Entrada:** El ángulo  $\emptyset$  (Phi) representa el ángulo de conflicto entre las corrientes de tránsito entrante y circulante.



En general,  $2\phi$  es el ángulo agudo formado por la unión de la línea tangente (a-b) proyectada desde el punto medio de E, y la línea tangente (c-d) proyectada desde el punto medio del ancho de salida adyacente.

Alternativamente, donde la salida adyacente está lejos de la entrada,  $\phi$  es el ángulo agudo formado por la unión de la línea tangente (a-b) y la línea tangente (e-f) desde el punto medio de la calzada de circulación.

- **Diámetro Círculo Inscrito:** El diámetro del círculo inscrito es el parámetro básico usado para definir el mayor tamaño de una rotonda. Es el diámetro mayor medido hasta el borde exterior de la calzada de circulación.

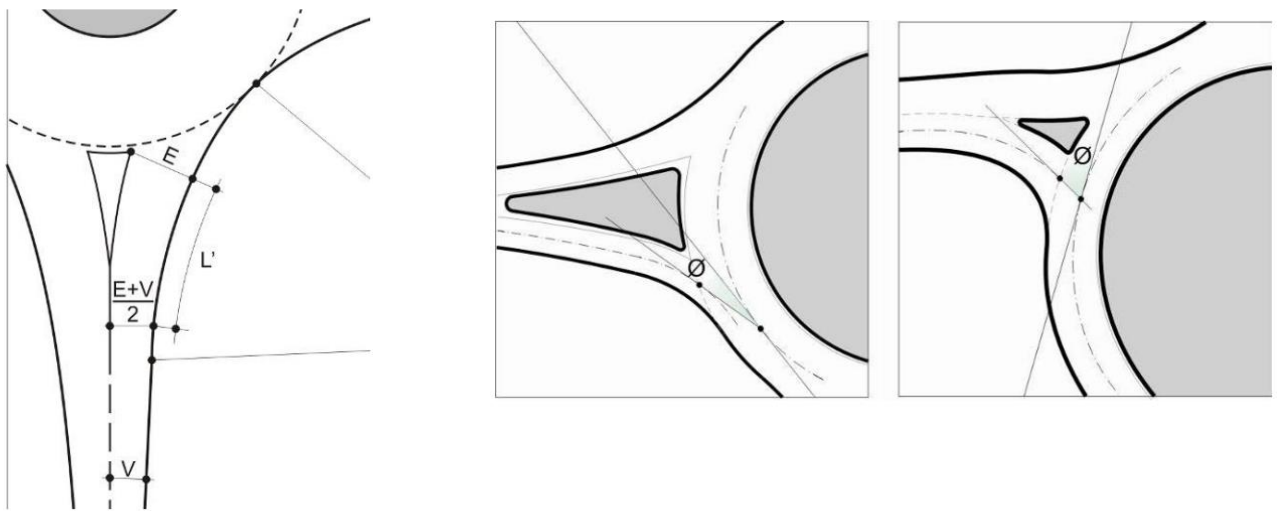


Fig. N° 54. Longitud efectiva de abocinamiento y detalle de ángulo de entrada. Fuente: HMC

### Ángulo de Entrada, $\phi$ (Phi)

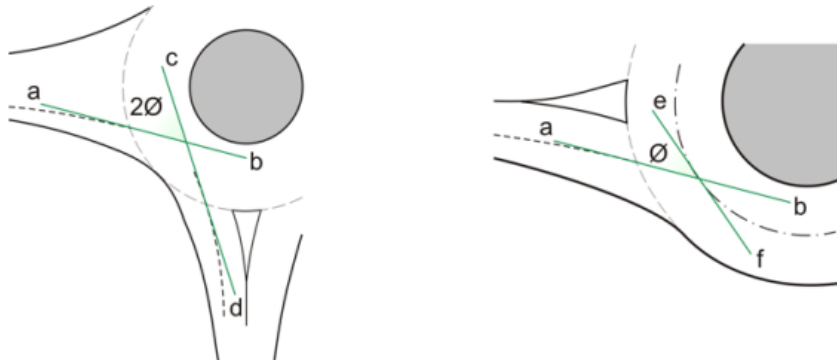
El ángulo de entrada  $\phi$  lo forman el eje de la entrada en el Ceda el Paso y la tangente al eje de la calzada circular en el punto donde se cruza con el anterior; es el parámetro de mayor importancia en la disposición de una entrada.

No debe ser demasiado grande, porque provocaría maniobras incómodas para acceder a la plataforma circulatoria y podrían producirse accidentes graves con ángulos próximos a los  $90^\circ$ .

Tampoco demasiado pequeño, porque supondría una incorporación próxima a la tangencial, que favorece las altas velocidades de incorporación y dificulta la visibilidad hacia la izquierda, obligando al conductor a girar demasiado la cabeza.



El ángulo  $\emptyset$  es uno de los parámetros fundamentales del diseño de las RM. El valor conveniente entre 20 y 40 grados, con un óptimo de 30 grados. Este ángulo es importante para la capacidad y la seguridad de las rotondas.



Hay tres condiciones de diseño para definir  $\emptyset$ .

**Condición 1:**  $\emptyset = 2\emptyset/2$ , donde la distancia entre los lados izquierdo de una entrada y la salida de la siguiente no son más de 98 pies (30 m). En la condición 1, el ángulo agudo es denotado como  $2\emptyset$  en la que el valor real debe ser dividido por dos para obtener  $\emptyset$ .

**Condición 2:**  $\emptyset = \emptyset$ , si la distancia entre los lados izquierdo de una entrada y la salida más próxima es mayor que 30 m.

**Condición 3:** Se aplica cuando no existe una salida adyacente, o cuando la distancia o el ángulo obtuso son tales como para que la trayectoria circular sea el factor dominante de una entrada (como en una intersección de "3-ramales"). Entonces,  $\emptyset$  es el ángulo formado por la intersección de la recta tangente (a-b) proyectada desde el punto medio del ancho de entrada con una línea tangente (e-f), elaborada por el centro de la calzada de circulación. Se usa en las intersecciones "T", o donde la entrada adyacente y el carril de salida están muy separados.

### Características operacionales básicas

*La Ley Nacional de Tránsito y Seguridad Vial N° 24449 fija en su Artículo 41 las prioridades en las encrucijadas:*

... "Todo conductor debe ceder siempre el paso al que cruza desde su derecha. Esta prioridad del que viene por la derecha es absoluta, y solo se pierde ante:...

f) Las reglas especiales para rotondas"

En el Artículo 43, GIROS Y ROTONDAS, en el apartado e) indica:

"Si se trata de rotondas, la circulación a su alrededor será ininterrumpida sin detenciones y dejando la zona central no transitable a la izquierda. Tiene prioridad de paso el que circula por ella sobre el que intenta ingresar debiendo cederla al que egresa, salvo señalización en contrario."



#### 6.4.10. Criterios generales referidos a la ubicación de una rotonda moderna

##### **Contexto de Ubicación**

Las rotondas modernas son especialmente efectivas para gestionar intersecciones en áreas suburbanas o periurbanas, actuando como una transición entre caminos rurales y calles locales, y equilibrando altas y bajas velocidades. En entornos rurales, su implementación debe evaluarse con mayor cuidado para asegurar la reducción de las altas velocidades de acceso.

##### **Números y tipo de ramales**

Las rotondas modernas son adecuadas para resolver intersecciones con tres, cuatro y hasta cinco ramales, siendo la única solución que maneja eficazmente la confluencia de más de cuatro ramales. Son versátiles y se pueden adaptar a casi cualquier tipo de camino, resultando particularmente útiles en vías de dos carriles y doble sentido.

##### **Condiciones del Tránsito**

Las rotondas modernas son particularmente útiles en intersecciones donde los giros, especialmente a la izquierda, representan una parte significativa de los movimientos. Son recomendadas en intersecciones donde haya un equilibrio relativo entre los flujos de tráfico de los distintos ramales.

##### **Equilibrio del Tráfico**

Las rotondas modernas funcionan de manera más efectiva cuando los flujos de tránsito están equilibrados. Esto no implica que todos los movimientos deban ser idénticos, sino que los movimientos directos sean interrumpidos por el tráfico en la rotonda, creando espacios que permitan a los vehículos en los ramales adyacentes ingresar a la rotonda sin largas esperas.

##### **Condiciones Topográficas**

Para que los conductores reduzcan la velocidad adecuadamente, es fundamental que identifiquen claramente que se acercan a una rotonda moderna, por lo que una buena visibilidad es esencial. La ubicación ideal para una rotonda moderna es en terrenos planos o en el fondo de una suave depresión, mientras que es menos recomendable situarla en medio de una curva vertical. Cualquier propuesta de rotonda moderna debe someterse a un análisis de capacidad para evaluarla frente a otros tipos de intersecciones.

##### **Seguridad**

La mayor parte de las zonas con RM experimentan una reducción impresionante en su registro de accidentes; esto está documentado en una cantidad de estudios en varios países del mundo. Dado que un tercio de todos los accidentes y heridos ocurren en las intersecciones, el mejoramiento de la seguridad vial es la ventaja más distintiva de las RM.

Los estudios de accidentes tipo antes y después indican muy significativas reducciones en los índices de víctimas de las RM adecuadamente diseñadas, lo cual puede atribuirse a los factores siguientes:



- La reducción general de velocidades de tránsito conflictivas (limitadas a menos de 50 km/h) a través de la intersección en todos sus ramales.
- Reducción de los 32 posibles puntos de conflicto entre vehículos (vehículos/peatones) en una intersección simple, a sólo 8 en una RM.
- Eliminación de altos ángulos de convergencia, asegurándose así bajas velocidades relativas entre los vehículos en conflicto. En caso de hipotético choque, éste será a baja velocidad, bajo ángulo de colisión y baja tasa de mortandad.
- Relativa simplicidad de toma de decisiones en el punto de entrada.
- En los caminos indivisos en zonas de alta velocidad, las largas isletas partidoras proveen buena advertencia anticipada sobre la presencia de la intersección.
- Se entra y sale girando a la derecha, reduciendo así la potencial frecuencia y gravedad de los choques que típicamente ocurren al girar a la izquierda; incluso con semáforos.
- En general, los choques por pasar-luz-roja son laterales a velocidades relativamente altas; son especialmente causantes de heridos, y pueden eliminarse con una RM.
- Las RM siempre requieren una acción consciente por parte de todos los conductores que pasan por la intersección, independientemente de si hay o no otros vehículos.

#### 6.4.11. Estimación de la capacidad

La implementación de la prioridad de paso para el tráfico en el anillo marca el fin del antiguo concepto en el que la plataforma de circulación se entendía como una serie de tramos de intersección. Las rotondas modernas son vistas como una serie de intersecciones en "T", donde los vehículos entrantes se integran directamente al flujo circular cuando hay un espacio disponible. Como resultado, la longitud de la plataforma de circulación entre las entradas y salidas tiene menos impacto en la capacidad de la intersección, lo que permite una reducción significativa del diámetro de las rotondas modernas.

En cada intersección en "T" que conforma una rotonda moderna, se presentan dos flujos de tránsito interrelacionados: el tráfico entrante y el que circula por el anillo. Existe una relación inversa entre ambos: a medida que aumenta el flujo de vehículos en el anillo, disminuye la capacidad de entrada en cada intersección. Esto lleva a sustituir el concepto general de capacidad de la rotonda por el de capacidad de cada entrada, que depende de sus características geométricas y del volumen de vehículos en la plataforma circular.

Las rotondas modernas permiten la entrada simultánea de vehículos desde múltiples accesos, utilizando cortos avances, lo que genera una ventaja en la capacidad. Esta ventaja se hace más notable cuando los volúmenes de giros a la izquierda o derecha son relativamente altos. Dado que los conductores solo ingresan a la rotonda cuando hay un claro suficiente en el flujo del anillo, la capacidad de la rotonda depende principalmente del flujo en el anillo y de la disponibilidad de claros. Así, la capacidad de entrada se ve afectada negativamente si el flujo en el anillo aumenta, ya que habrá menos claros disponibles para los vehículos entrantes.

La relación entre la capacidad de entrada y el flujo en el anillo se conoce como relación de flujos de entrada y de anillo, y es el resultado de la interacción entre los conductores y la geometría de la rotonda.



Para calcular la capacidad de una rotonda moderna, los modelos se clasifican en dos categorías:

**Empíricos:** Estos modelos se basan en datos recopilados en el campo para establecer relaciones entre las características de diseño geométrico y medidas de rendimiento, como la capacidad y los tiempos de espera. Este tipo de modelo se utiliza en el Reino Unido, y programas de software como ARCADY y RODEL se fundamentan en él.

**Analíticos:** Estos modelos se basan en la teoría de la aceptación de claros, que se aplica al comportamiento de conducción en una rotonda. Este tipo de modelo es utilizado en Australia, y el programa SIDRA se basa en este enfoque.

Cuando se requiera un alto grado de precisión, pueden utilizarse las siguientes figuras para obtener estimaciones de la capacidad de una rotonda moderna. Entrada de un carril 4 metros de ancho y un anillo de un carril.

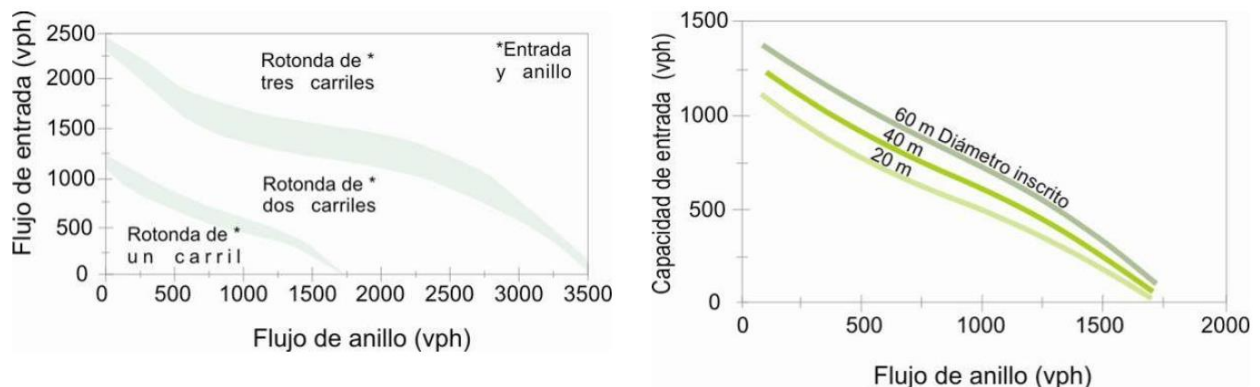


Fig. Nº 55. Números requerido de entradas y capacidad de entrada en una rotonda moderna. Fuente: HMC

## Demoras

Las demoras en las rotondas modernas se pueden dividir en dos componentes: demoras de fila y demoras geométricas. La demora de fila se refiere al tiempo que los conductores pasan esperando a que se presente un claro en el tráfico circulante. La demora geométrica incluye:

El tiempo que tardan los conductores en desacelerar hasta alcanzar la velocidad de maniobra, atravesar la rotonda y luego acelerar hasta su velocidad normal de operación.

El tiempo que tardan los conductores en desacelerar hasta detenerse al final de la fila y, tras aceptar un claro, acelerar hasta la velocidad de maniobra, continuar a través de la rotonda y finalmente incrementar la velocidad hasta la normal de operación.

Esta demora geométrica no incluye el tiempo de espera por un claro aceptable.

En ciertas situaciones, puede ser apropiado considerar solo la demora de fila; por ejemplo, cuando se necesitan resultados aproximados o al comparar una intersección con accesos controlados por señales de PARE o Ceda el Paso. En esos casos, la demora geométrica para el tráfico que ingresa desde un camino lateral controlado podría ser similar a la experimentada en una rotonda.





En la mayoría de los casos, puede ser deseable considerar la demora total, por ejemplo, cuando los resultados se requieran para una comparación con semáforos o en un análisis económico. La demora total es la suma de la demora de fila y la demora geométrica.

Las capacidades típicas registradas en vehículo que entran por hora son:

Un-carril 2500 - 2800

Dos-carriles 3500 - 4000

Tres-carriles 5800 - +

#### 6.4.12. DISEÑO GEOMETRICO

El diseño de una rotonda es un proceso que se caracteriza por ser iterativo, donde incluso pequeños ajustes en las propiedades geométricas pueden provocar cambios significativos en la operación y la seguridad. Es fundamental que en el diseño se tenga en cuenta esta naturaleza iterativa y esté preparado para retroceder a etapas previas del diseño si es necesario.

Existen diferencias clave en las técnicas de diseño y los niveles de habilidad, especialmente entre las rotondas de un solo carril y las multicarriles, donde se aplican enfoques distintos. El diseño de la rotonda debe ser visto como un sistema integral, donde la funcionalidad del conjunto es más importante que las características individuales de cada componente, como puede ser el radio. Sin embargo, la manera en que estos componentes interactúan es crucial. Aunque las medidas geométricas individuales no son tan determinantes como el rendimiento general de la intersección, es esencial que estas se mantengan dentro de rangos que se ha demostrado son apropiados.

Al establecer el principio estratégico de gestionar la velocidad del tráfico que ingresa y circula por la rotonda mediante la deflexión de la trayectoria y de aumentar la capacidad de entrada a través del ensanchamiento, el diseño geométrico debe ofrecer las herramientas necesarias para lograr estos objetivos.



### Diámetros típicos de círculos inscritos y volúmenes de tránsito diario

Tipo de rotonda	Diámetro <sup>1</sup> típico de círculo inscrito (m)	Volumen <sup>2</sup> 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

<sup>1</sup> Los diámetros provistos son para guía general (cara a cara de cordones exteriores)

<sup>2</sup> Las capacidades varían sustancialmente según los volúmenes de tránsito que entran y los movimientos de giro (flujo que circula)

Fuente: *Road Design Manual* – Minnesota DOT, 2009.

Fig. N° 56. Diámetros y volúmenes recomendados en RM.

Vemos que, según Manual de Diseño Geométrico para caminos rurales de un carril, establece un rango de entre 36 y 45 metros de diámetro inscrito. Sin embargo, debido a las características particulares del tránsito en la zona, donde se ha identificado una elevada frecuencia de vehículos pesados tipo semirremolque, y en conformidad con los resultados del capítulo de "Estudio de Tránsito", se ha decidido adoptar un diámetro mayor de 60 metros. Esta decisión permite cumplir con los radios de giro requeridos para estos vehículos de gran tamaño, contribuyendo a mejorar la seguridad vial y la fluidez del tránsito pesado, optimizando el funcionamiento y reduciendo riesgos en la intersección.

#### 6.4.13. Trayectorias de los Vehículos y Velocidad Asociada

Para establecer la velocidad de operación en una rotonda moderna, se emplean las trayectorias más rápidas que su geometría permite para los movimientos directos y de giro. Se trazan las trayectorias correspondientes a los tres movimientos principales: cruzar la rotonda continuando hacia el ramal opuesto, girar a la derecha y girar a la izquierda. La velocidad de diseño de la rotonda moderna se determina por el radio más pequeño de la trayectoria más rápida que se puede realizar, utilizando la relación:

$$V=v(127 * R(e + ft))$$

Ft: Coeficiente de fricción transversal húmeda.

e: Peralte.

Con esta misma ecuación se determinan las velocidades específicas intervinientes en los tres movimientos, puesto que al diseñar se debe tender a minimizar los siguientes aspectos:

- La diferencia de velocidad entre elementos geométricos consecutivos.
- La diferencia de velocidad entre corrientes vehiculares conflictivas.



Entre ellos se plantean las siguientes relaciones:

- Es deseable que la velocidad asociada al radio de entrada R1 sea igual o menor que la de R2, o al menos que la diferencia sea menor que 20km/h.
- La velocidad asociada a R3, en general será mayor que la de R2, salvo que la presencia de peatones sea importante en cuyo caso R3 no debe ser muy grande para desalentar las altas velocidades.
- La velocidad relativa de R1 y R4 (corrientes vehiculares en conflicto) debe ser también menor que 20km/h.
- La velocidad relativa entre R5 y R4 también debe mantenerse debajo de los 20km/h.

La coherencia entre velocidades ayuda a reducir la frecuencia y gravedad de los accidentes, y simplifica la incorporación de los vehículos a la corriente anular.

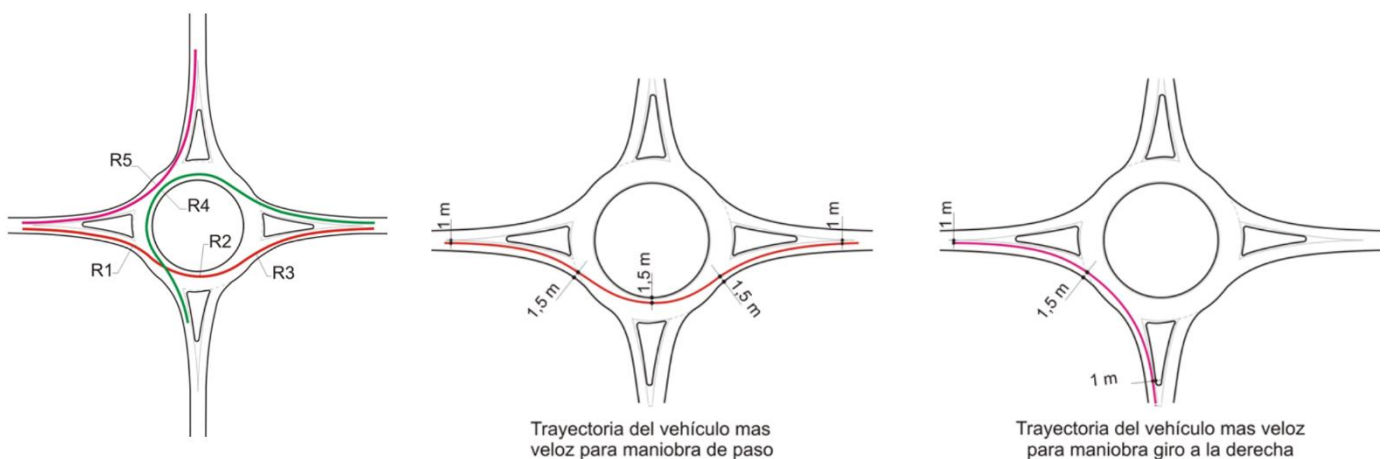


Fig. Nº 57. Radios de trayectoria. Fuente: manual de diseño

#### 6.4.14. Visibilidad

Una adecuada percepción de la rotonda moderna implica asegurar niveles mínimos de visibilidad para los conductores al acercarse a la intersección, lo que requiere un área libre de obstáculos. Se sugiere mantener despejada una zona con un vértice en un punto del ramal que se encuentre a 2 metros de su borde derecho y a una distancia de la línea de CEDA EL PASO equivalente a la distancia de detención, limitada a la izquierda por una tangente desde ese punto hacia la plataforma circular, a 2 metros de su borde exterior.

Además de esta visibilidad “lejana”, es fundamental contar con una buena visibilidad en la entrada misma, donde se encuentra la señal de CEDA EL PASO. Se recomienda que desde la



entrada a una rotonda moderna los conductores tengan visibilidad hacia la entrada anterior, o al menos una distancia mínima de 50 metros hacia la izquierda si la entrada está más alejada.

La misma consideración de visibilidad se sugiere hacia la derecha.

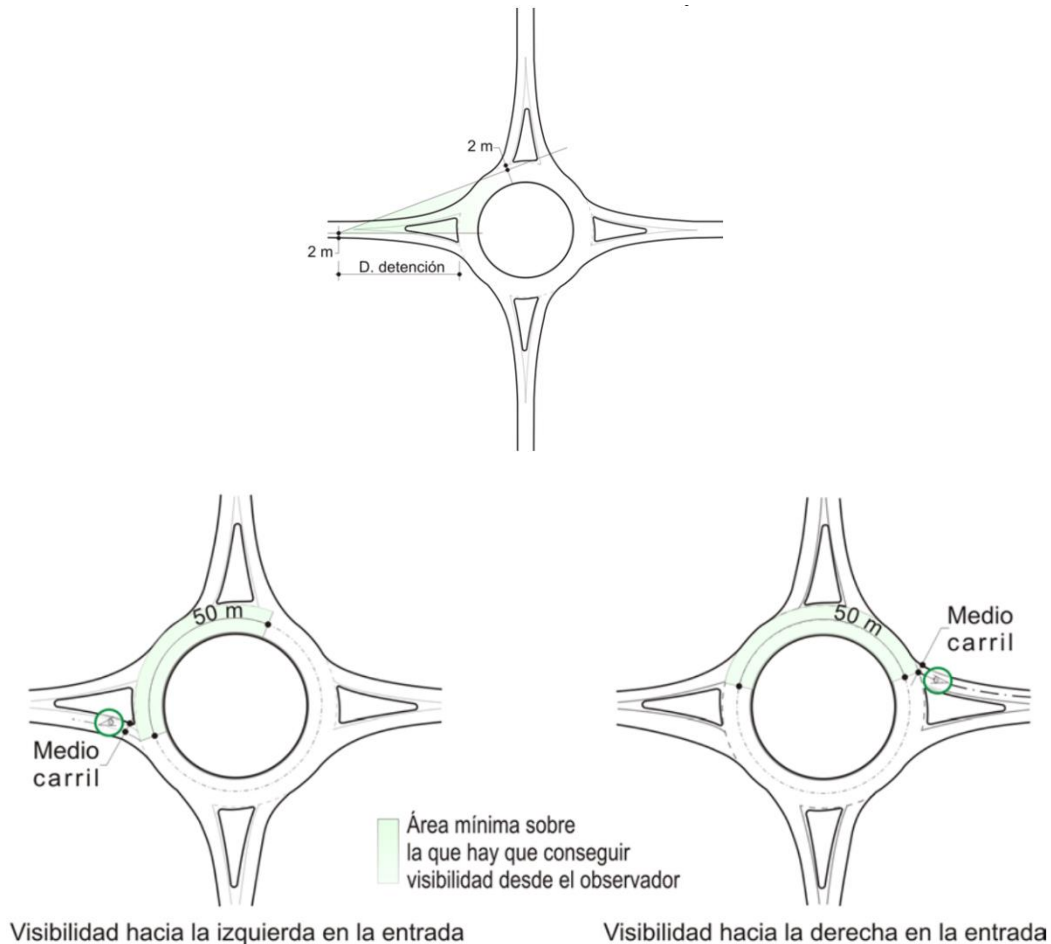


Fig. N°58. Visibilidades en la rotonda. Fuente: manual de diseño

### Isleta central

Sus cuestiones básicas son: forma, tamaño, delantal y acondicionamiento.

### Forma

Se recomiendan isletas de forma circular o, a lo sumo, formas ovaladas de baja excentricidad (de 0,75 a 1), considerando que los cambios de curvatura pueden producir inestabilidad en la trayectoria de los vehículos.

### Tamaño

Se recomiendan RM de tamaño medio, donde el radio mínimo y máximo de la isleta se fijan con el objetivo de conseguir una geometría segura de las entradas y evitar los excesos de velocidad por trayectorias tangenciales gracias a una clara deflexión. Se recomienda que para



asegurar un adecuado cambio de dirección en las entradas y evitar entradas tangenciales, el diámetro externo no sea inferior a 35 m.

### **Delantal**

En ciertos diseños donde las condiciones del camino, la topografía u otras limitaciones no permiten ampliar el diámetro de la rotonda, se puede incorporar un delantal montable en el borde externo de la isleta central. Esto proporciona una superficie pavimentada adicional que facilita el paso de semirremolques grandes sobre la isleta central, que típicamente cuenta con un delantal transitable, sin afectar la desviación de vehículos más pequeños. Cuando se empleen delantales, estos deben diseñarse para ser transitables por camiones, pero disuadir el paso de vehículos de pasajeros.

### **Acondicionamiento**

La vegetación en la isleta central puede contribuir a la seguridad al destacar la intersección y promover la reducción de velocidad. Las plantas deben seleccionarse cuidadosamente para garantizar que se mantengan las distancias visuales recomendadas en la sección anterior, teniendo en cuenta también el mantenimiento futuro. Es recomendable evitar la colocación de árboles grandes en áreas donde existe el riesgo de que los vehículos salgan de la calzada.

No se debe permitir que los peatones crucen por la isleta central. Es aconsejable evitar la instalación de mobiliario urbano que pueda atraer a los peatones, como bancos o monumentos. Sin embargo, si se decide incluir monumentos o fuentes, deben diseñarse de manera que sean claramente visibles desde las aceras circundantes. Si se ha instalado un delantal para camiones, el material y tratamiento de este deben ser distintos de los utilizados en las aceras, para evitar que los peatones se sientan tentados a caminar por la isleta central.

### **Ancho de la plataforma circulatoria (anillo, calzada anular)**

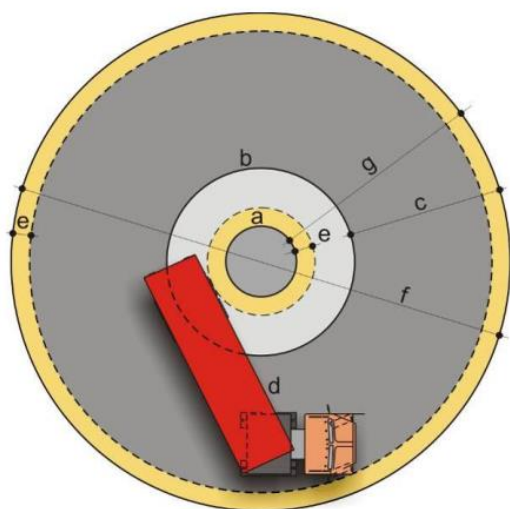
El ancho de la vía de circulación se determina según el tamaño de la rotonda y el tipo de vehículo para el que se diseña. Generalmente, este ancho es entre 1 y 1,2 veces el de la entrada más amplia. Está principalmente influenciado por la capacidad de la rotonda y el sobreancho necesario para el recorrido de los camiones. En una rotonda con una plataforma de dos carriles y entradas de un solo carril, el aumento de capacidad es limitado. La experiencia indica que rara vez se forman dos carriles de circulación en la plataforma; en su lugar, suelen ocurrir algunas incorporaciones mientras un vehículo circula, especialmente cuando el movimiento del vehículo que entra es simplemente un giro a la derecha.

Una regla práctica para determinar el ancho de la calzada anular es **hacerla igual o un 20% superior al ancho de la entrada más amplia**. Suponiendo un buen diseño de las entradas, esta regla garantiza la capacidad y seguridad de circulación en el anillo.

Los anchos requeridos para girar uno, dos o tres vehículos a la par (adaptado de Austroads 1993) son los siguientes:

Radios de giro R (m)	Un vehículo articulado (m)	Un vehículo articulado más un automóvil (m)	Un vehículo articulado más dos automóviles (m)
5	7,6		
8	7,1		
10	6,7		
12	6,5	10,3	
14	6,2	10,1	
16	6,0	9,9	
18	5,9	9,7	
20	5,7	9,6	13,5
22	5,6	9,5	13,4
24	5,5	9,4	13,3
26	5,4	9,3	13,2
28	5,4	9,2	13,0
30	5,3	9,1	12,9
50	5,0	8,8	12,6

Tabla N°35. Anchos requeridos para girar uno, dos o tres vehículos a la par (adaptado de Austroads 1993). Fuente: HMC



Anchos de giro requeridos por las RM

Diámetro círculo inscrito f (m)	Vehículo de diseño	
	Vehículo articulado g mín (m)	Ómnibus g mín (m)
29	-	7,2
30,5	-	7
33,5	12,3 - 13,7	6,7
36,6	11,1 - 12,2	6,4
39,6	10,2 - 11,1	6,2
42,7	9,6 - 10,1	6,1
45,7	9,1 - 9,8	5,9
48,8	8,7 - 9,3	5,8
51,8	8,4 - 9	5,8
54,9	8,1 - 8,7	5,6
57,9	7,8 - 8,4	5,5
61	7,6 - 8,1	5,5

Referencias:

- a- Isleta central elevada
- b- Cordón montable delantal de camiones
- c- Ancho normal calzada anular, 1 a 1.2 veces ancho máximo de entrada
- d- Vehículo de diseño
- e- 1 m de separación mínima
- f- Diámetro círculo inscrito
- g- Ancho entre cordones

Nota: La isleta partidora no debe sobresalir del círculo inscrito si la rotonda se diseña apretadamente como se ilustra, permitiendo sólo el ancho mínimo g.

Fig. N°59. Anchos de giro requeridos por la plataforma circulatoria de las RM (adoptado de Ourston, 1995). Fuente: HMC.





## Peralte

En general, en las rotondas modernas no es necesario peraltar la plataforma de circulación debido a las bajas velocidades operativas. Sin embargo, para mejorar el drenaje, se recomienda una pendiente transversal hacia afuera de entre 2% y 2.5%. Esto tiene varias ventajas:

- Evita el encharcamiento de la rotonda.
- Facilita el mantenimiento del sistema de desagüe en el exterior de la plataforma, donde es más accesible.
- Mejora la integración entre la plataforma circulatoria y los ramales de entrada o salida, previniendo la formación de aristas.
- Contribuye a mantener un entorno de baja velocidad, característico de una rotonda moderna.

Como alternativa, en rotondas con múltiples carriles, el diseñador puede optar por un bombeo convencional a dos aguas, es decir, una inclinación del 2% hacia cada lado, lo que ayuda a controlar el agua de lluvia o el deshielo, y a igualar la velocidad de circulación. La velocidad operativa, el comportamiento del drenaje, la inclinación del pavimento y otros factores deben considerarse al tomar esta decisión. La pendiente transversal del delantal para camiones puede variar de 2 a 5 por ciento.

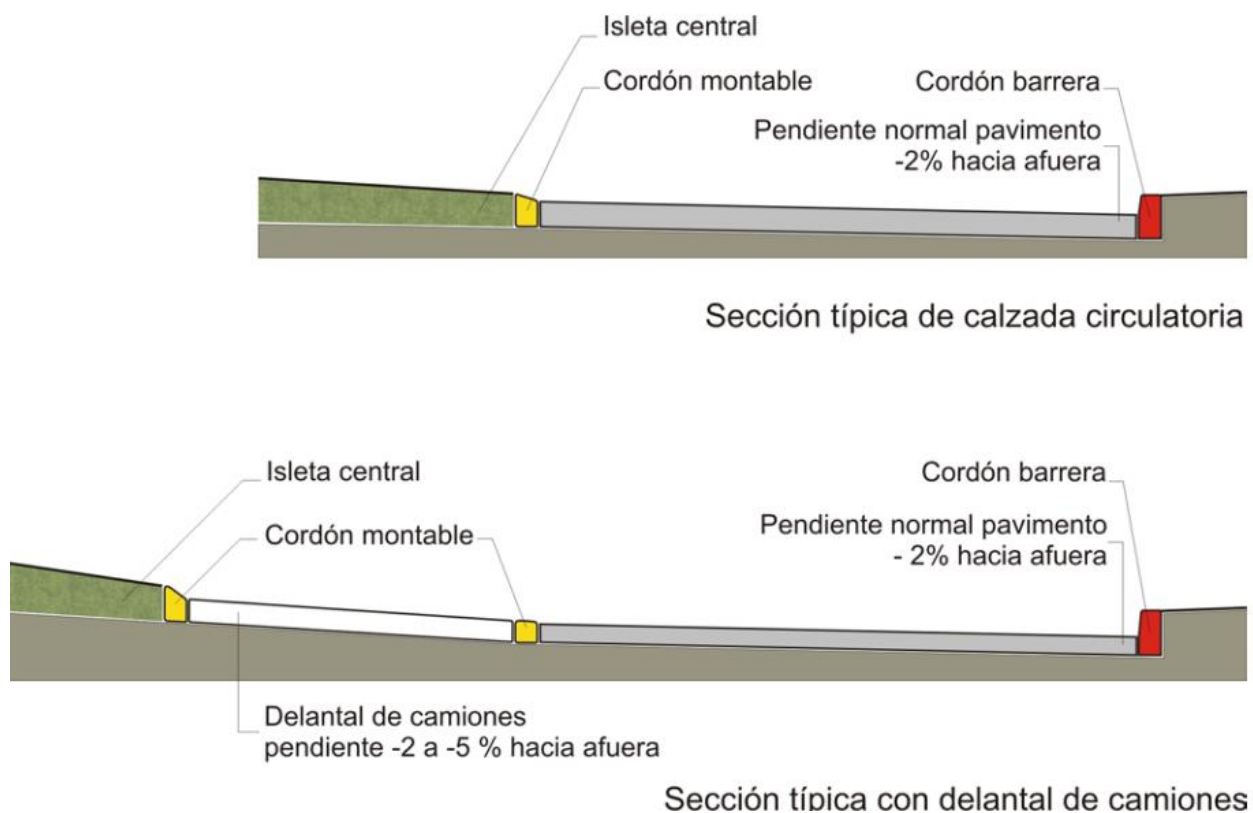


Fig. N°60. Perfil transversal típico de RM. Fuente: HMC



### Perfil Longitudinal

Para la plataforma de circulación en rotondas, se recomienda mantener una pendiente longitudinal que no supere el 3%. Es preferible que toda la calzada esté en un solo plano, ya que un perfil con cambios frecuentes en la pendiente podría generar una rasante en el borde interno del anillo, compuesta por una sucesión de curvas verticales cóncavas y convexas. Para prevenir la acumulación de agua en el borde exterior, es recomendable que la plataforma de circulación tenga una ligera pendiente longitudinal, entre 0,5% y 0,7%.

### Disposición de los ramales de entrada y salida

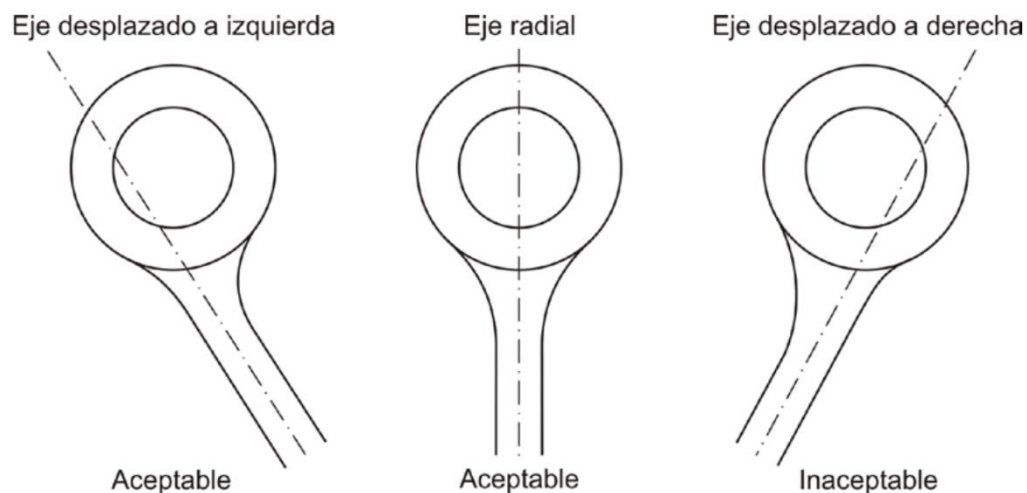


Fig. N° 61. Disposición de los ramales. Fuente: HMC

Las rotondas modernas pueden gestionar intersecciones con 3, 4 o más ramales. La disposición ideal de los brazos de una rotonda es una ubicación equidistante, ya que una secuencia rítmica y repetitiva de entradas y salidas facilita la comprensión de la rotonda y permite una conducción fluida. Además, se recomienda que los ejes de los ramales de aproximación pasen por el centro de la isleta central, o desviados levemente hacia la izquierda para aumentar la desviación al entrar.

### Entrada

La geometría de las entradas es crucial para garantizar la seguridad y capacidad en una rotonda moderna:

- La mayoría de los accidentes ocurren por pérdida de control en las entradas, generalmente debido a un exceso de velocidad.
- En las fórmulas de capacidad, el ancho y otras características de las entradas influyen significativamente.

Las funciones principales de la geometría de una entrada son:

- Lograr una adecuada reducción de la velocidad de aproximación mediante curvaturas crecientes en el ramal de entrada.



- Permitir que los conductores perciban correctamente la intersección y los orienten hacia la plataforma de circulación en un ángulo ( $\emptyset$ ) que garantice la máxima seguridad en la maniobra de entrada.

### Isletas Partidoras

Estas canalizan la entrada, alertan al conductor sobre la proximidad de la intersección, aseguran una distancia mínima entre la salida y la entrada de un mismo ramal, sirven de soporte para la señalización vertical y proporcionan un refugio para el cruce de peatones. Actuando sobre ellas, se pueden lograr ángulos de entrada entre  $20^\circ$  y  $60^\circ$ .

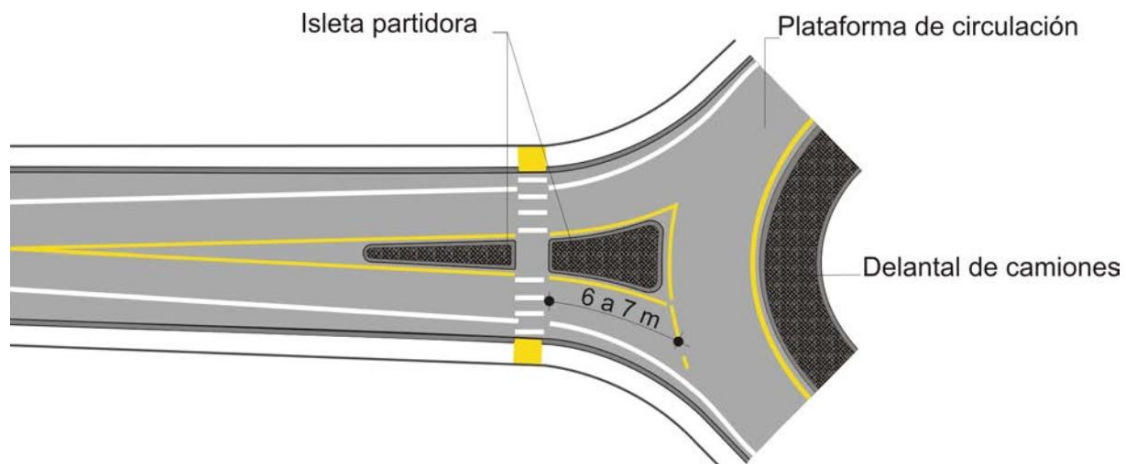


Fig. N° 62. Cruce peatonal en isleta partidora. Fuente: HMC

### Geometría de la Entrada

Para alertar al conductor sobre la proximidad de la intersección, es recomendable que la isleta partidora comience con suficiente anticipación y genere un cambio en la alineación del ramal. Se sugieren longitudes de entre 20 y 60 metros (con un mínimo de 10 metros) que formen un ángulo de  $10^\circ$  respecto al eje del ramal. La guía norteamericana de la FHWA destaca la importancia de isletas partidoras largas, de más de 60 metros, especialmente en rotondas modernas rurales, donde las velocidades de aproximación son mayores, para ayudar a reducirlas. Además, se recomienda que estas isletas cuenten con cordones delineadores.

Para el ancho medido en el borde externo del anillo, se establecen valores de 12, 15 y 20 metros para velocidades de aproximación de 60, 80 y 100 km/h, respectivamente, lo que favorece la separación entre la entrada y la salida de un mismo brazo. En casos donde la isleta sea cruzada por pasos peatonales, se requiere un ancho mínimo de 2 metros para proporcionar refugio a un cochecito de bebé, y una distancia de 5 a 6 metros respecto a la línea de "Ceda el Paso" para permitir que un vehículo se detenga.

La curva circular a la derecha en la entrada tiene el propósito de generar el ángulo de desviación necesario para reducir la velocidad.



En términos generales, las recomendaciones internacionales sugieren diámetros inscritos de entre 35 y 40 metros para rotondas modernas rurales de un solo carril. Debido al pequeño radio de giro, se recomienda que los carriles de entrada sean algo más anchos de lo habitual, entre 4 y 4,5 metros.

Para que la capacidad aumente, pueden abocinarse las entradas, ampliar su ancho y permitir de esta manera la formación de una fila más de vehículos detenidos en la línea de Ceda el Paso.

### **Geometría de la salida**

La geometría de las salidas en una rotonda debe enfocarse en facilitar que los vehículos abandonen la calzada circular y aumenten su velocidad hasta alcanzar la recomendada en la vía a la que se incorporan. A diferencia de las entradas, no es necesario diseñar curvas artificiales ni reducir los radios en las salidas; en su lugar, se deben utilizar radios amplios que promuevan la fluidez del tránsito. Solo en casos donde existan cruces peatonales significativos se recomienda reducir los radios de giro en las salidas.

Se sugieren radios superiores a los 40 metros, y en ningún caso menores a 20 metros. Además, para facilitar el abandono de la calzada circular, los carriles de salida suelen diseñarse más anchos que los de entrada, reduciéndose gradualmente hasta alcanzar el ancho estándar de la vía. Es común que los carriles de salida tengan un ancho de 5 metros para un solo carril, y entre 8 y 9 metros para dos carriles.

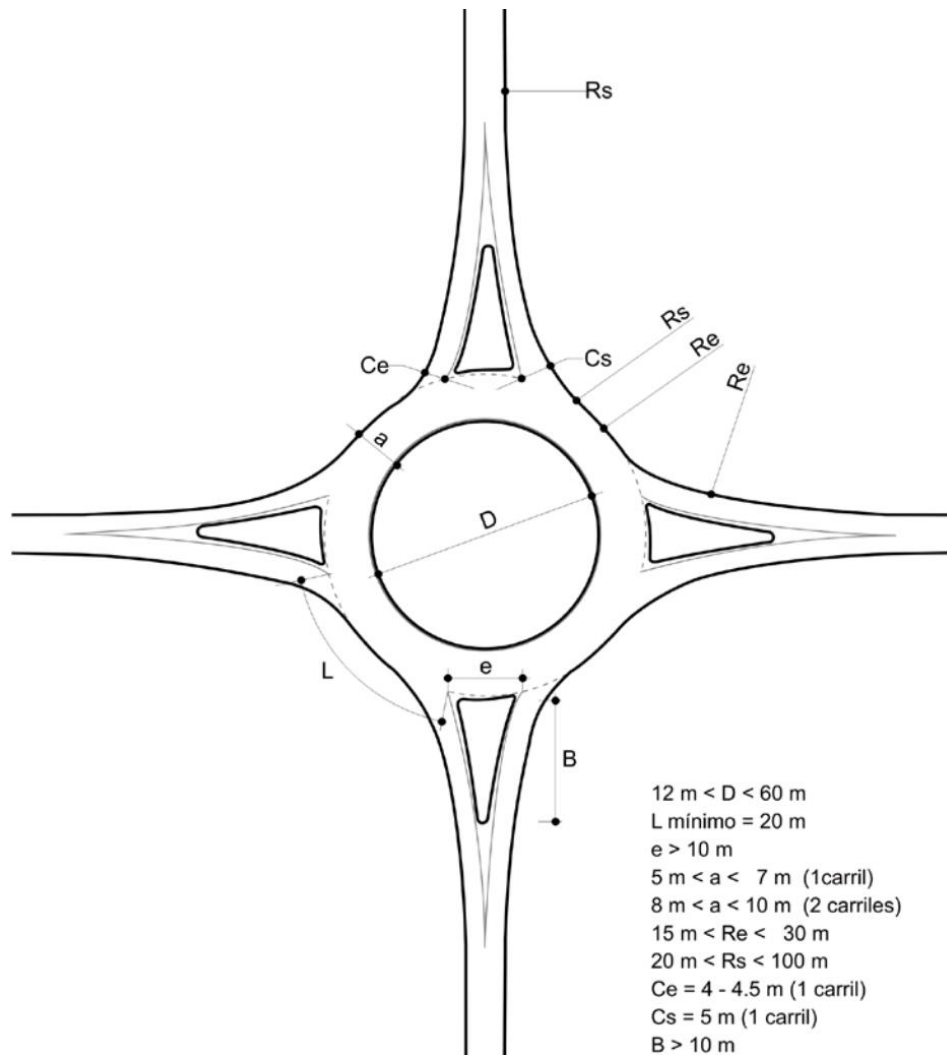


Fig. N° 63. Resumen de la geometría recomendada para una RM (1 carril)

Fuente: "geometría de entradas y salidas. Dimensiones recomendadas" DNV-97

### Curvas de aproximación

En las rotondas situadas en caminos rurales, las velocidades de aproximación suelen ser más altas que en calles urbanas o locales, y los conductores a menudo no esperan encontrar reducciones significativas de velocidad. Por esta razón, es crucial que los conductores perciban la presencia de la rotonda con suficiente anticipación para desacelerar de manera controlada. Además de la señalización adicional, en casos donde las velocidades de aproximación sean elevadas, se recomienda un diseño que fomente la desaceleración antes de llegar a la línea de "Ceda el Paso". De este modo, se evita que la reducción de velocidad dependa únicamente de la curvatura dentro de la rotonda.

Una estrategia efectiva para lograr una disminución gradual de la velocidad, reduciendo así el riesgo de colisiones traseras en las entradas y minimizando las salidas de vehículos en el anillo, es utilizar curvas sucesivas con radios crecientes en las aproximaciones. Se recomienda que la variación de la velocidad de operación entre los distintos elementos geométricos no exceda los 20 km/h.



La Figura siguiente ilustra un diseño típico de rotonda rural que incluye una secuencia de tres curvas antes de la línea de "Ceda el Paso". Estas curvas de aproximación deben tener radios progresivamente más pequeños. Además, se sugiere que el apartamiento lateral en la curva central sea de aproximadamente 7 metros, para evitar que los conductores tomen un atajo tangencialmente.

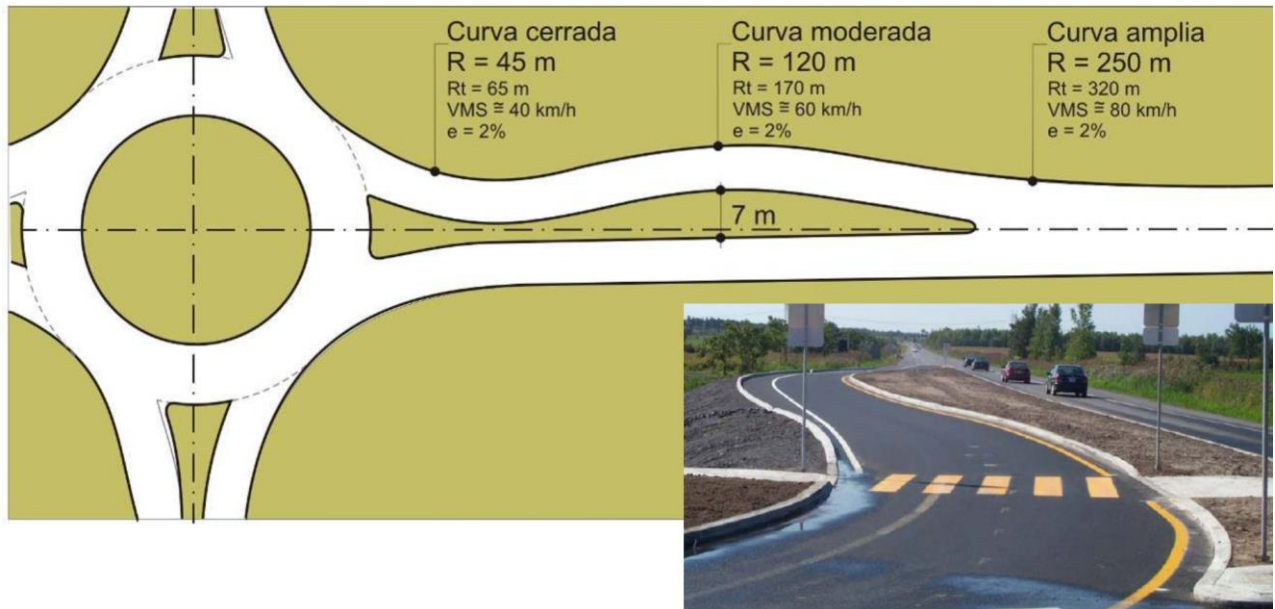


Fig. N° 64. Curvas de aproximación. Fuente: HMC

Valores ilustrativos de diseño para parámetros geométricos clave

Parámetro geométrico	Entrada un carril	Entrada dos carriles	Entrada tres carriles
1 Ancho carril aproximación	Ancho de carril de tránsito directo de la aproximación a la rotonda antes de cualquier sección de abocinamiento.		
2 Ancho de entrada	Menor distancia entre cordones en el punto de Ceda el Paso		
3 Longitud efectiva de abocinamiento	5 a 100 m si es necesario		
4 Diámetro círculo inscrito	40 m	50 m	75 m
5 Radio de entrada	20 m	25 m	30 m
6 Ángulo de entrada	30 grados		
7 Ancho de plataforma circulatoria	6-7 m; puede ser necesario delantal para camiones	10 m (delantal para camiones no necesario)	14 m (delantal de camiones no necesario)
8 Radio de salida	15-20 m	20-30	30-40

Tabla N° 36. Valores de referencia para el diseño de una RM.

Fuente: HMC





#### 6.4.15. Complementos

##### **Peatones**

Para el diseño y planeamiento de las rotondas modernas se deben considerar los movimientos de los peatones. Las rotondas resultar para los peatones tan segura como son las demás formas de control de intersección. Es común una reducción de los accidentes con víctimas de peatones después de instalar una RM, porque los peatones son capaces de cruzar un sentido de tránsito por vez haciendo escala en las isletas partidoras.

La aptitud de los vehículos para entrar en una rotonda moderna puede verse afectada por un cruce peatonal, que disminuye el número de vehículos que pueden entrar y salir de las RM. La provisión de facilidades para los peatones no influye en mayor medida en el diseño geométrico requerido por otros tratamientos de la intersección, pero, ciertos diseños de RM, particularmente las grandes, pueden resultar en caminatas más largas e incómodas a los peatones.

Es importante dar una sensación de seguridad pintando líneas a través de las entradas y salidas, sino más bien, alentarlos a identificar y aceptar claros en el tránsito y cruzar cuando sea seguro hacerlo.

Para aumentar la seguridad de los peatones se recomienda:

- Reducir las velocidades de aproximación de los vehículos mediante la provisión de una adecuada deflexión en cada acceso;
- Diseñar isletas partidoras como lo permite el lugar;
- Proveer iluminación;
- Ubicar las señales y vegetación de modo de no obstaculizar la visión de los peatones.

Generalmente, la instalación de las isletas partidoras correctamente diseñadas permitirán a los peatones cruzar con seguridad un sentido de tránsito por vez.

##### **Obras complementarias**

Para funcionar segura y efectivamente, las RM deben ser conspicuas, notables. Debe emplearse delineación y señalización de altos estándares.

La disposición de señales y otros dispositivos debe ser coherente con las expectativas de los conductores.

La consideración de la necesidad y de la ubicación adecuada de señales y marcas de pavimento debería ser parte integral del proceso de diseño.



#### 6.4.16. Velocidad de Diseño

Las velocidades de diseño máximas de entrada para rotondas en varias categorías de lugares de intersección como podemos ver en el siguiente cuadro.

Categoría Lugar	Velocidad de Diseño Máxima Recomendada
Minirrotonda	25 km/h
Urbana Compacta	25 km/h
Urbana Carril Simple	35 km/h
Urbana Carril Doble	40 km/h
Rural Carril Simple	40 km/h
Rural Carril Doble	50 km/h

Tabla N° 37. Máximas velocidades de diseño de entradas recomendadas. Fuente: HMC

Para determinar la velocidad de una rotonda, se dibuja la trayectoria más veloz permitida por la geometría. Ella es la más suave y plana posible para un vehículo simple en ausencia de otro tránsito e ignorando todas las marcas de carril, viajando a través de la entrada, alrededor de la isleta central y saliendo. Usualmente, la trayectoria más veloz posible es el movimiento directo, pero en algunos casos puede ser un movimiento de giro a la derecha.

Se supone un vehículo de 2 m de ancho que mantiene una separación mínima de 0,5 m desde una línea central de calzada o cordón de hormigón, y al ras con una línea de borde pintada. Así, la línea central de la trayectoria del vehículo se dibujó con las distancias siguientes hasta particulares características geométricas:

- 1.5 m desde un cordón de hormigón,
- 1.5 m desde una línea central de calzada, y
- 1.0 m desde una línea pintada de borde.

#### Relación velocidad-curva

La relación entre la velocidad de viaje y la curvatura horizontal está documentada en el Libro Verde de AASHTO. Puede usarse la siguiente ecuación para calcular la velocidad de diseño de un dado radio de trayectoria de viaje:

$$V = \sqrt{127R(e+f)}$$

donde:

V = Velocidad diseño, km/h



$R$  = Radio, m

$e$  = peralte, m/m

$f$  = factor fricción lateral

Usualmente, los valores del peralte se suponen ser +0,02 para las curvas de entrada y salida, y 0,02 para las curvas alrededor de la isleta central. Los valores del factor de fricción lateral pueden determinarse con la relación de AASHTO para curvas en intersecciones (AASHTO 1994, Figure III-19 (4)). El coeficiente de fricción entre los neumáticos de un vehículo y el pavimento varía con la velocidad del vehículo, como se muestra en las siguientes figuras para unidades métricas.

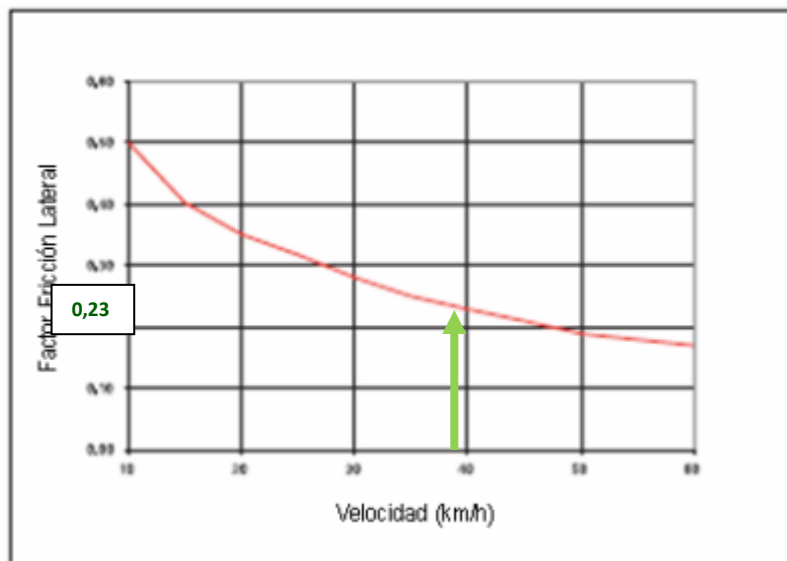


Fig. N° 65. Factor de fricción lateral a varias velocidades (unidades métricas). Fuente: Elaboración propia.

Usando los adecuados factores de fricción para cada velocidad, de la siguiente figura, se presentan gráficos en unidades métricas, que muestran las relaciones velocidad-radio para curvas de peraltes +0.02 -0.02.

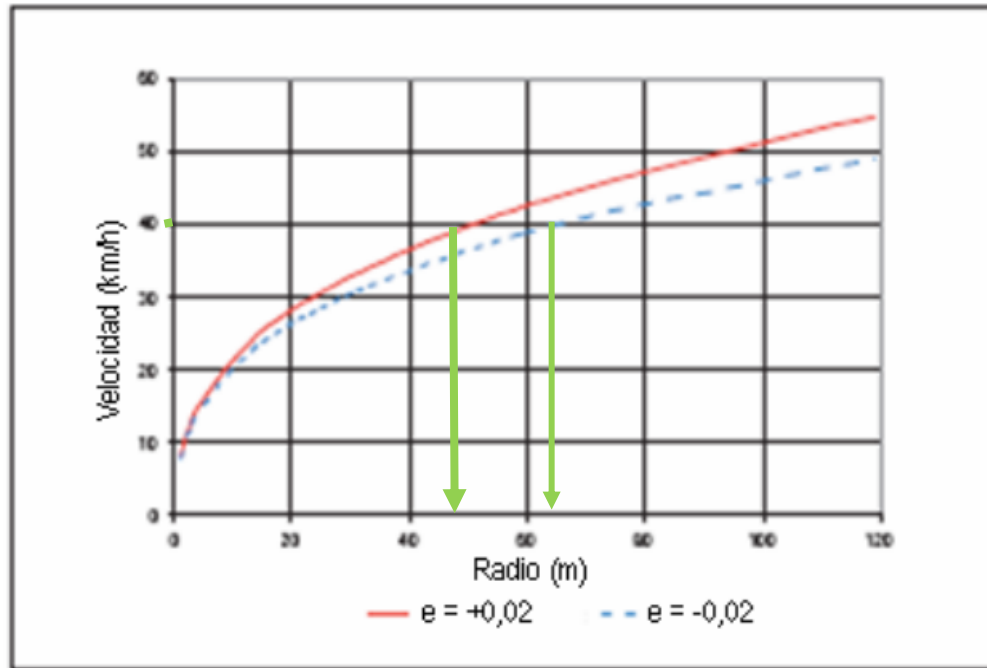


Fig. Nº 66. Relación velocidad-radio (unidades métricas). Fuente: Elaboración propia

Obteniendo por grafico:

Para  $e=+0,02$ , Radio= 50m

Para  $e=-0,02$ , Radio= 70m

Una vez obtenidos todos estos parámetros se procede al cálculo de velocidad de diseño:

$$V = \sqrt{127R(e+f)}$$

$$V = \sqrt{(127 \times 50(0,02 + 0,23))} = 39,84 \text{ km/h} \cong 40 \text{ km/h}$$



## 6.5 Diseño Geométrico de la Rotonda adoptados

El diseño geométrico se ha desarrollado considerando dos aspectos clave. Por un lado, el factor de capacidad, cuyo objetivo es asegurar que el diseño permita un flujo constante y eficiente en la rotonda según el tránsito estimado. Por otro lado, el factor de seguridad, que prioriza aquellas geometrías que minimizan el riesgo de accidentes. Por lo tanto, capacidad y seguridad forman la base de estas recomendaciones geométricas, las cuales podrán ajustarse en función de otras consideraciones.

**Ver plano N°6 del anexo.**

### 6.5.1. Percepción y visibilidad

Es importante resaltar la influencia que la percepción puede tener sobre el índice de accidentes en una rotonda. Basta con recordar que los accidentes más comunes en las rotondas son aquellos causados por la pérdida de control al ingresar, generalmente debido a la alta velocidad con la que los vehículos llegan a la intersección.

Una posible causa de esta velocidad excesiva es la percepción inadecuada que el conductor tiene de la rotonda, lo que lleva a una comprensión insuficiente del tipo de intersección y de la necesidad de reducir la velocidad.

Por ello, lograr una correcta percepción de la intersección debe ser uno de los objetivos principales al ubicar y diseñar cada rotonda.

En todas las aproximaciones a una rotonda, se recomienda despejar una zona de obstáculos que permita al conductor, situado a la distancia de frenado ( $D_p$ ) desde la línea de "Ceda el Paso" y a dos metros del borde derecho de la calzada, visualizar el área que abarca su trayectoria, así como una línea a su izquierda que, partiendo de este punto, sea tangente al borde exterior de la calzada anular a dos metros.

Asimismo, se recomienda que desde todas las entradas a la rotonda los conductores tengan visibilidad hasta la entrada anterior o al menos una distancia de 50 metros hacia la izquierda, medida sobre el eje de la calzada anular. Se sugiere también que se garantice una visibilidad similar hacia la derecha o en la dirección del tráfico dentro de la calzada circular.

Desde cualquier entrada a la rotonda, debe asegurarse que los conductores ubicados en la línea de "Ceda el Paso" puedan ver completamente los pasos peatonales en la salida próxima o a una distancia menor de 50 metros.

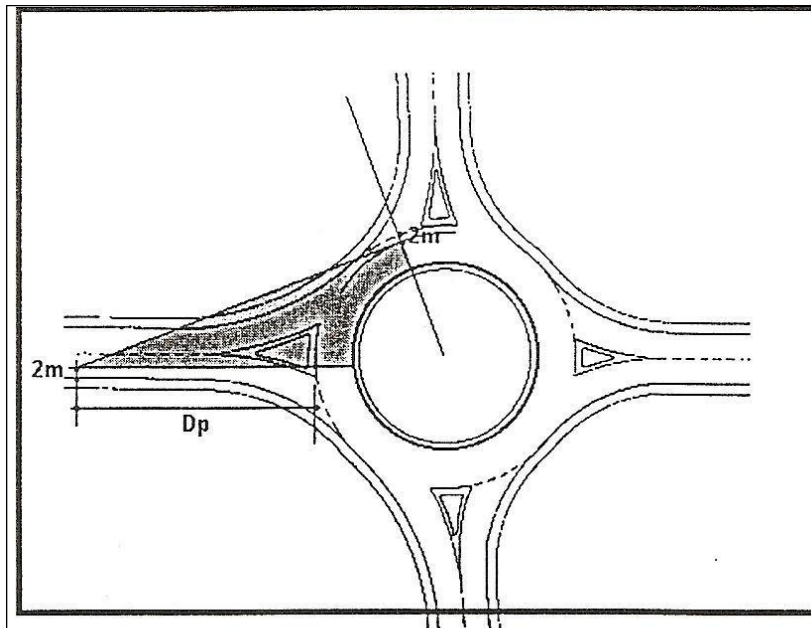


Figura 4

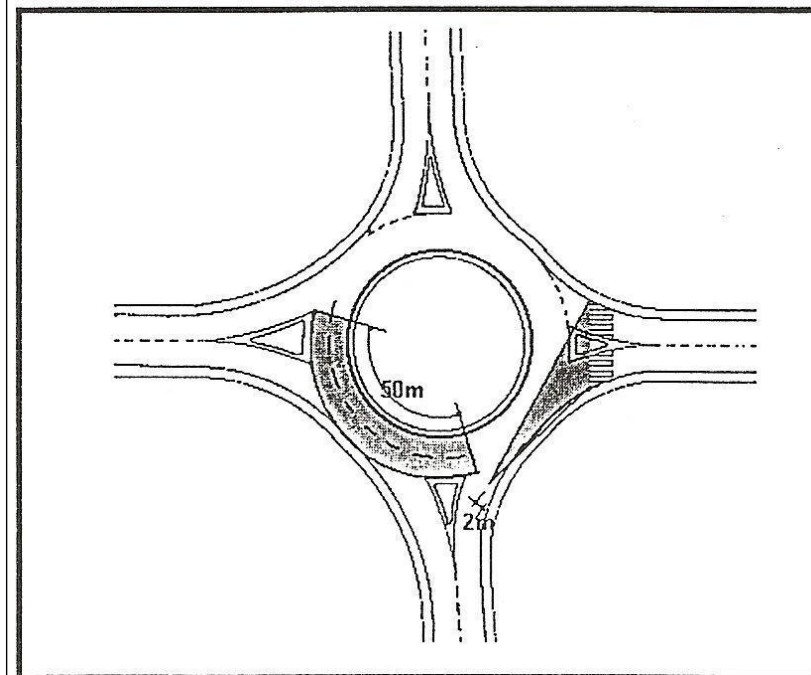


Fig. Nº 67. Distancias de visibilidad. Fuente: HMC

#### Diámetro de la isleta central

Se ha definido una isleta central de forma circular con un diámetro  $D = 60$  m.

#### Calzada anular

Se definió un ancho "a" de calzada anular de 6,20 m. más un delantal de 1,5 m.



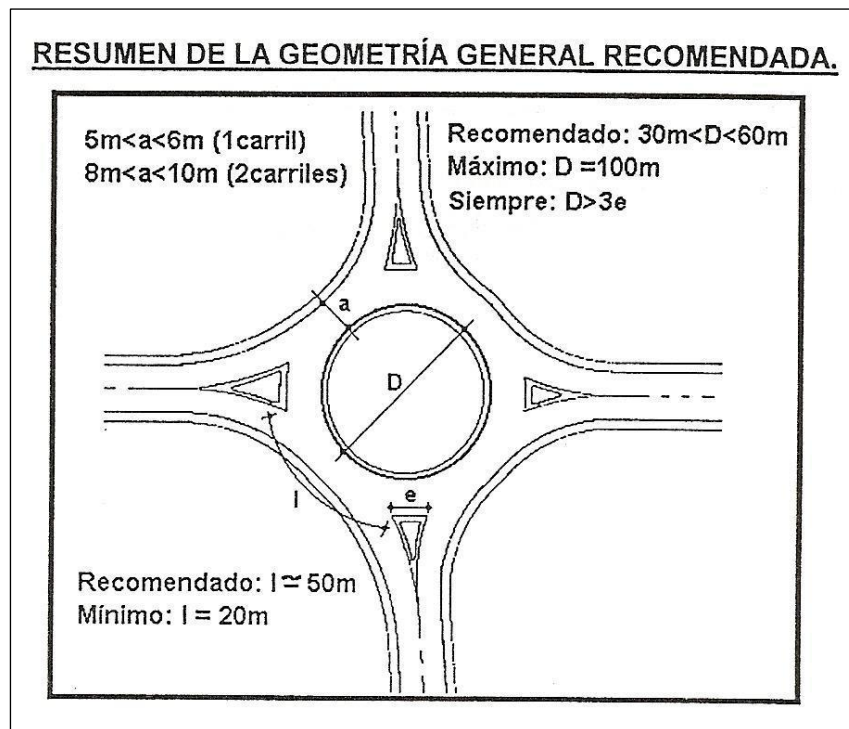


Fig. Nº 68. Algunas recomendaciones para la geometría. Fuente: HMC

### Curvas de transición

En el presente anteproyecto, se ha adoptado el diseño de curvas de transición para los accesos a la rotonda, con el objetivo de disminuir la velocidad de ingreso y reducir el riesgo de siniestros viales. Estas curvas de transición están diseñadas siguiendo los parámetros geométricos anteriormente explicados, para garantizar una desaceleración progresiva y segura de los vehículos, fomentando un tránsito más controlado dentro de la rotonda.

Para implementar este diseño, se propone modificar la traza existente, la cual actualmente es recta, introduciendo curvas estratégicamente dispuestas que obliguen a los conductores a reducir su velocidad antes de ingresar al nodo vial. Este ajuste en el trazado no solo mejora la seguridad, sino que también asegura un flujo vehicular más ordenado y acorde a los estándares modernos de diseño vial.



Se han adoptado los siguientes radios de curvas de aproximación:

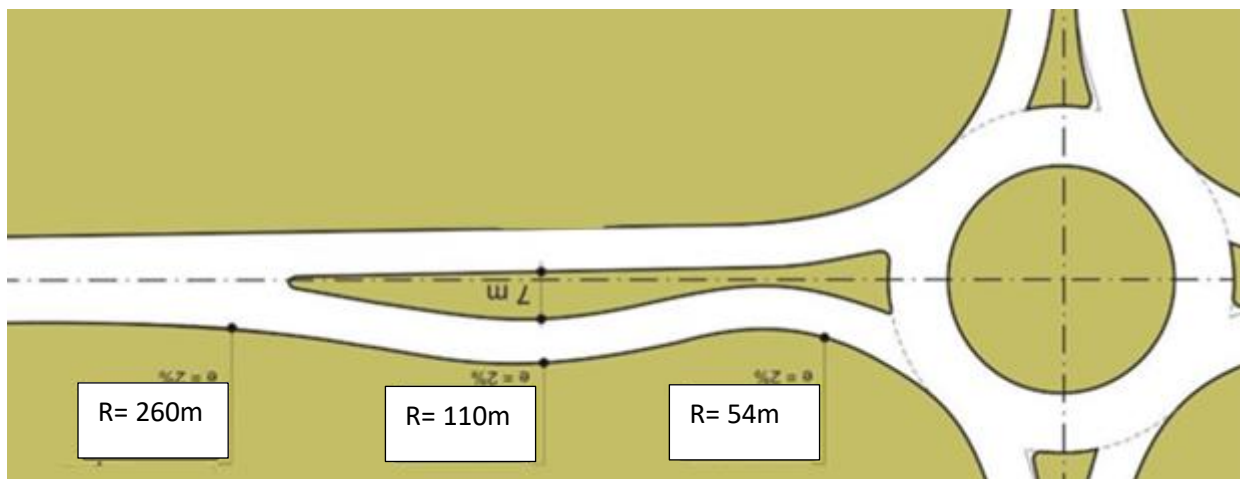
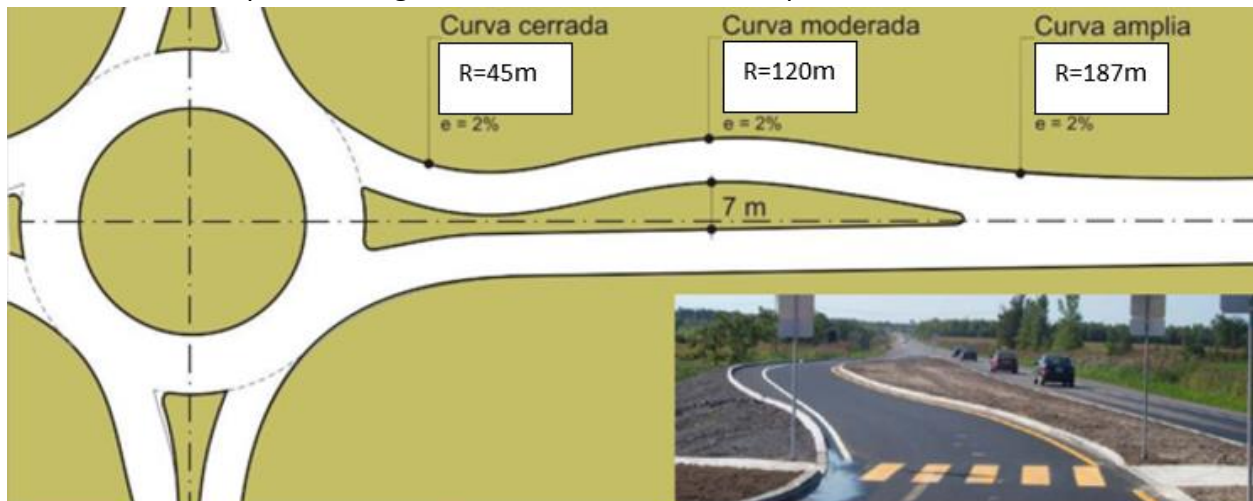


Fig. N° 69. Radios de las curvas a aproximación adoptadas. Fuente:  
Elaboración propia

### Peralte

En el caso de dos o más carriles se recomienda disponer un peralte hacia el interior, con un máximo del 2% de pendiente, en los 2/3 interiores de la calzada anular y en el tercio restante un peralte similar al del párrafo anterior.

Se cuidarán las posibles limatesas, suavizándolas mediante curvas circulares.

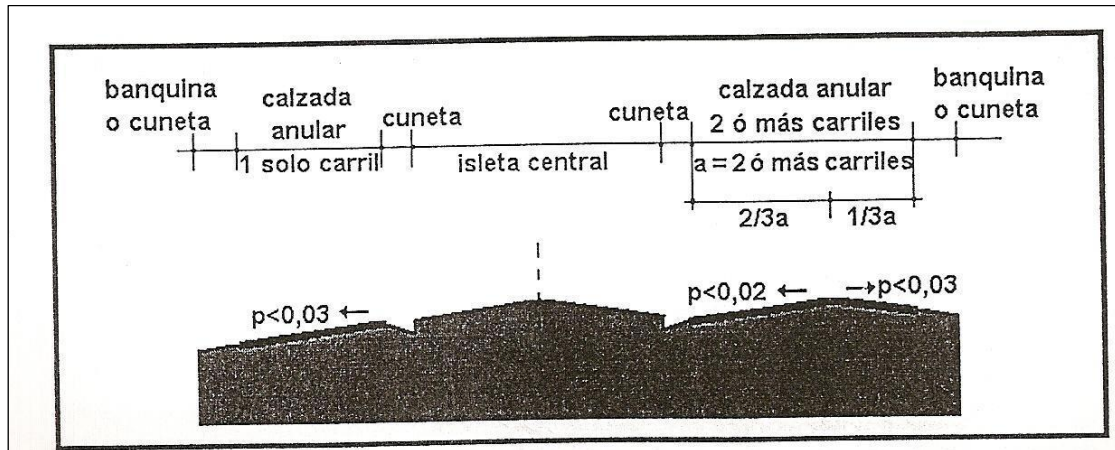


Fig. Nº 70. Perfil tipo en una rotonda con los peraltes. Fuente: HMC.

#### 6.5.2. Geometría de las entradas

La geometría de las entradas es, posiblemente, el factor más crucial para las condiciones de seguridad y capacidad de una rotonda, ya que la mayoría de los accidentes ocurren por pérdida de control en las entradas, y el ancho, junto con otras características, afectan significativamente su capacidad máxima.

Las principales funciones de la geometría de una entrada son: guiar a los vehículos hacia la línea de "Ceda el Paso" a una velocidad adecuada, proporcionarles la visibilidad necesaria, y orientarlos hacia la calzada anular con un ángulo que garantice tanto la fluidez como la seguridad en la maniobra de entrada (LAYA, 1988).

El ángulo de entrada se define como el que se forma entre el eje de la entrada en la línea de "Ceda el Paso" y la tangente al eje de la calzada circular en el punto donde ambos se cruzan.

Para lograr el ángulo de entrada adecuado, es necesario guiar el flujo de los vehículos que ingresan mediante una curva hacia la derecha, lo que los dirige a la posición de incorporación requerida. Esta curvatura se suele obtener mediante una curva circular, que cumple una doble función: por un lado, permite alcanzar el ángulo necesario, y por otro, favorece la reducción de velocidad hasta el límite establecido.

Para hacer más clara y segura esta curvatura, suele optarse por la construcción de isletas en las entradas de las rotondas.

Las isletas que canalizan el tránsito en las entradas deben cumplir con ciertas dimensiones recomendadas:

- Ancho mínimo, medido desde la línea externa de la calzada circular: 12 metros.
- Ancho mínimo en el paso de peatones: 2 metros.
- Ángulo de la isleta en su unión con el eje de la vía de acceso: entre 5° y 10°.
- Longitud mínima de la isleta: 15 metros, siendo recomendable una longitud de 30 metros.
- El ángulo de entrada a la calzada circular debe estar entre los 20° y 60°.



Se sugiere que el diseño de las entradas impida físicamente que se formen más filas de espera en la línea de "Ceda el Paso" que las previstas según el número de carriles.

Se ha adoptado un ancho de entrada de 4,5 metros con retranqueos de 1 metro.

### 6.5.3. Geometría de las salidas

A diferencia de las entradas, la geometría de las salidas debe enfocarse en permitir que los vehículos abandonen la calzada circular y aumenten su velocidad hasta alcanzar el límite recomendado en la carretera a la que se incorporan.

Para las salidas de las rotondas, se aconseja utilizar curvas con radios que oscilen entre 25 y 100 metros.

El ancho recomendado para los carriles de salida es de 5 metros para carreteras de un solo carril por sentido, pudiendo reducirse a 4,5 metros en carreteras de dos carriles por sentido. Estos anchos deben mantenerse a lo largo de toda la isleta deflectora.

### GEOMETRÍA DE ENTRADAS Y SALIDAS. DIMENSIONES RECOMENDADAS.

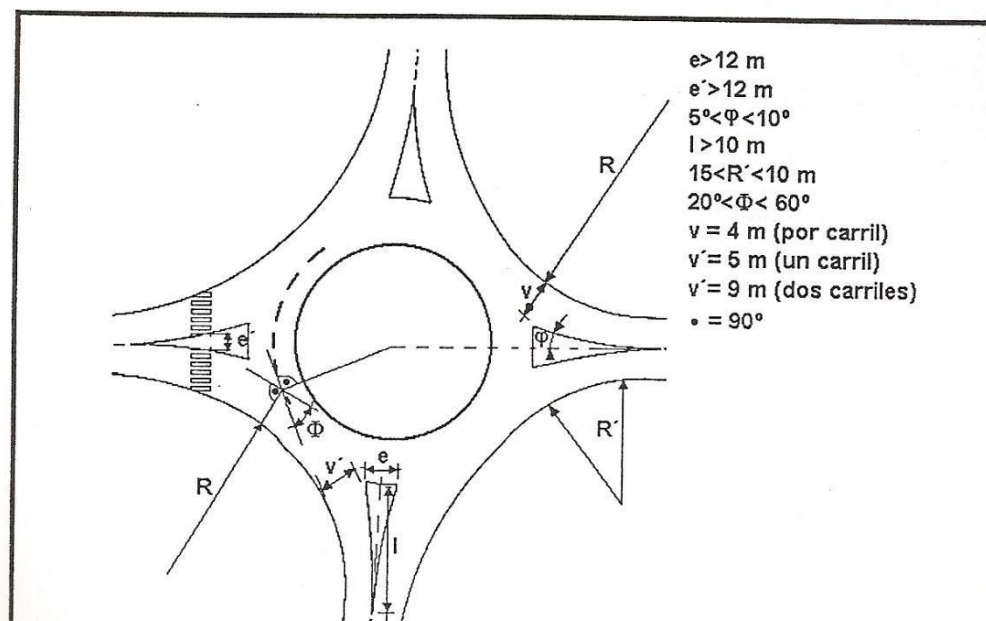


Fig. Nº 71. Geometría de entradas y salidas – Dimensiones recomendadas por el manual. Fuente: HMC

Para las salidas se adoptaron anchos de 5m con retranqueos de 1m.

## 6.6 Distribución de Transito

A nivel de ante proyecto, con el objetivo de obtener una distribución representativa del tránsito, llevamos a cabo un censo de flujo vehicular durante un periodo de tres horas en la intersección de estudio. Este censo nos permitió identificar el porcentaje de vehículos que constituyen el flujo pasante y el porcentaje de vehículos que giran a la izquierda y a la derecha respectivamente.



Obtuvimos que, el flujo pasante de la R.N. N°118 representa más del 90% del tránsito que circula por la misma, teniendo solamente menos del 10% de giros a la izquierda y derecha respectivamente.

No de la misma forma, el flujo que circula por la R.P. N°6, tiene un porcentaje mayor de giros a la izquierda y derecha que el flujo pasante. Esto se debe a que poca gente opta por ingresar a Murucuyá viniendo por la R.N. N°118 debido a la poca conservación y mal estado de la ruta provincial n°6.

Posteriormente, utilizando el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) proporcionado por Vialidad Nacional y Provincial, pudimos extrapolar los datos obtenidos para determinar la cantidad estimada de vehículos que realizan cada tipo de movimiento en la intersección. Este enfoque nos proporciona una base para entender el comportamiento del tráfico y realizar una estimación inicial de la demanda vehicular en el lugar, información clave para el diseño de la infraestructura proyectada.

Para R.N. N°118: **TMDA<sub>DISEÑO</sub> = 2568 veh/dia** (ver capítulo de tránsito)

**TMDA (2024) = 1713 veh/d**

**VHD = 388 vph**

Para R.P. N°6: **TMDA diseño = 145 veh/d** (ver capítulo de tránsito)

**TMDA (2024) = 98 veh/d**

**VHD = 22 vph**



## DISTRIBUCION DE TRANSITO

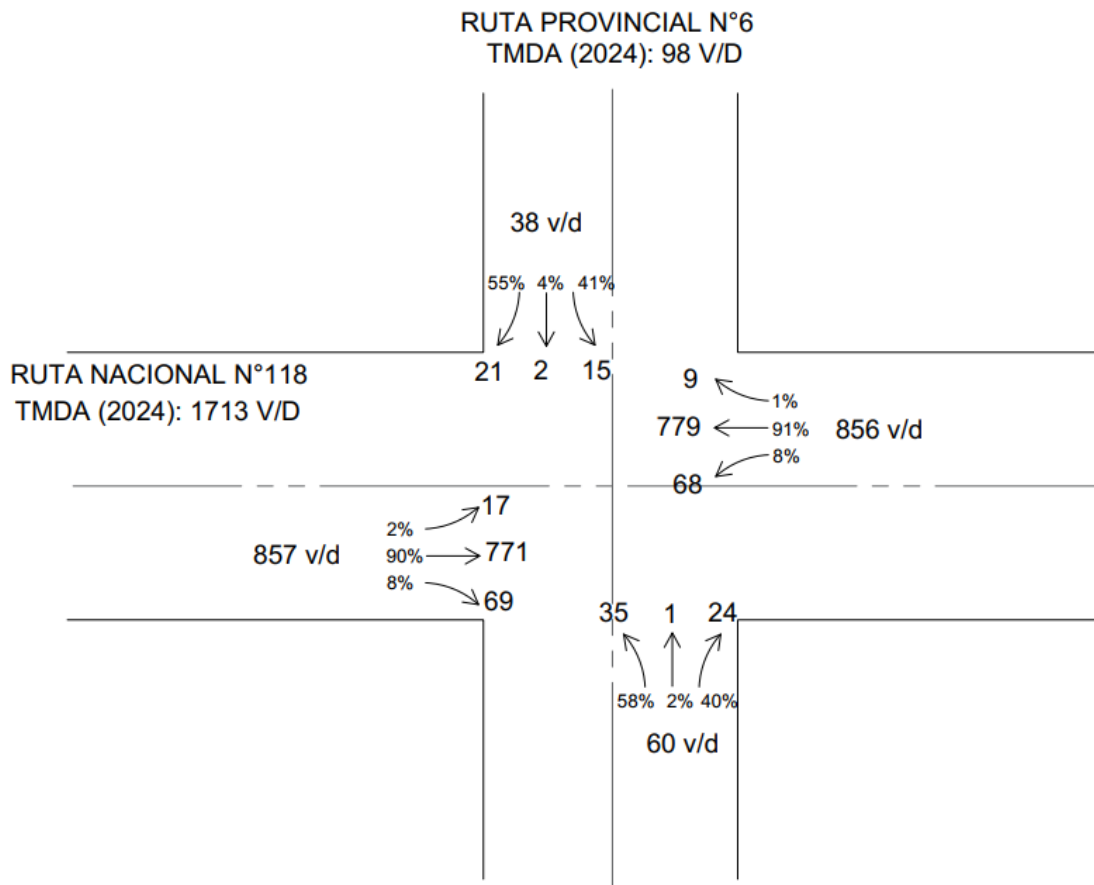


Fig. N° 72. Distribución de tránsito. Fuente: elaboración propia.

### 6.6.1. Cálculo de capacidad de la rotonda

El cálculo y la verificación de la capacidad son fundamentales en el diseño de una rotonda porque determinan cuántos vehículos pueden pasar a través de ella de manera eficiente y segura. Aquí te doy algunos puntos clave sobre su importancia:

#### 1. Evitar Congestión

- La capacidad de una rotonda está directamente relacionada con la cantidad de vehículos que puede manejar sin generar largas colas ni tiempos de espera excesivos. Si la capacidad no se calcula correctamente, la rotonda podría volverse un punto de congestión, especialmente durante las horas pico.

#### 2. Seguridad Vial





- Un diseño que no tome en cuenta la capacidad puede provocar situaciones de riesgo, como vehículos que intenten ingresar a la rotonda cuando no hay suficiente espacio, aumentando la probabilidad de accidentes. El diseño óptimo regula el flujo de tráfico para minimizar los conflictos entre vehículos que entran, circulan y salen de la rotonda.

### 3. Fluidez del Tráfico

- Al verificar que la capacidad es adecuada, se garantiza que el flujo de vehículos a través de la rotonda sea lo más fluido posible. Esto incluye prever la futura demanda de tráfico, que puede aumentar por el crecimiento urbano, industrial o turístico en la zona.

### 4. Eficiencia del Espacio

- El cálculo de capacidad también ayuda a determinar el tamaño y la geometría óptimos de la rotonda. Un diseño eficiente debe lograr un equilibrio entre minimizar el área ocupada y permitir un flujo adecuado de tráfico.

### 5. Compatibilidad con Proyecciones Futuras

- Es importante considerar el crecimiento del tráfico a largo plazo. Una rotonda diseñada solo para la demanda actual puede quedar obsoleta rápidamente si no se proyecta un aumento en la capacidad para el futuro.

### 6. Cumplimiento de Normas Técnicas

- Las normativas de diseño vial suelen establecer criterios mínimos de capacidad que deben ser cumplidos para garantizar la seguridad y funcionalidad de la infraestructura. Un diseño sin la verificación de capacidad podría no cumplir con las regulaciones locales o internacionales.

En resumen, calcular y verificar la capacidad asegura que la rotonda funcione de manera segura, eficiente y que se ajuste tanto a las condiciones actuales como a las proyecciones futuras del tráfico. Esto es clave para evitar problemas de congestión y accidentes, y garantizar la sostenibilidad del diseño a lo largo del tiempo.

La fórmula simplificada, para el caso de entrada y calzada anular de un solo carril, es la siguiente:

$$Q_e = 1.500 - 5/6 (Q_c + 0,2 Q_s)$$

**Q<sub>e</sub>** es la capacidad de una entrada.

**Q<sub>c</sub>** es el tránsito que circula por la calzada anular, delante de la entrada.

**Q<sub>s</sub>** es el tránsito que sale por el mismo brazo.

(todo en vehículos livianos por hora)



### DISTRIBUCIÓN DE TRANSITO EN LA INTERSECCIÓN

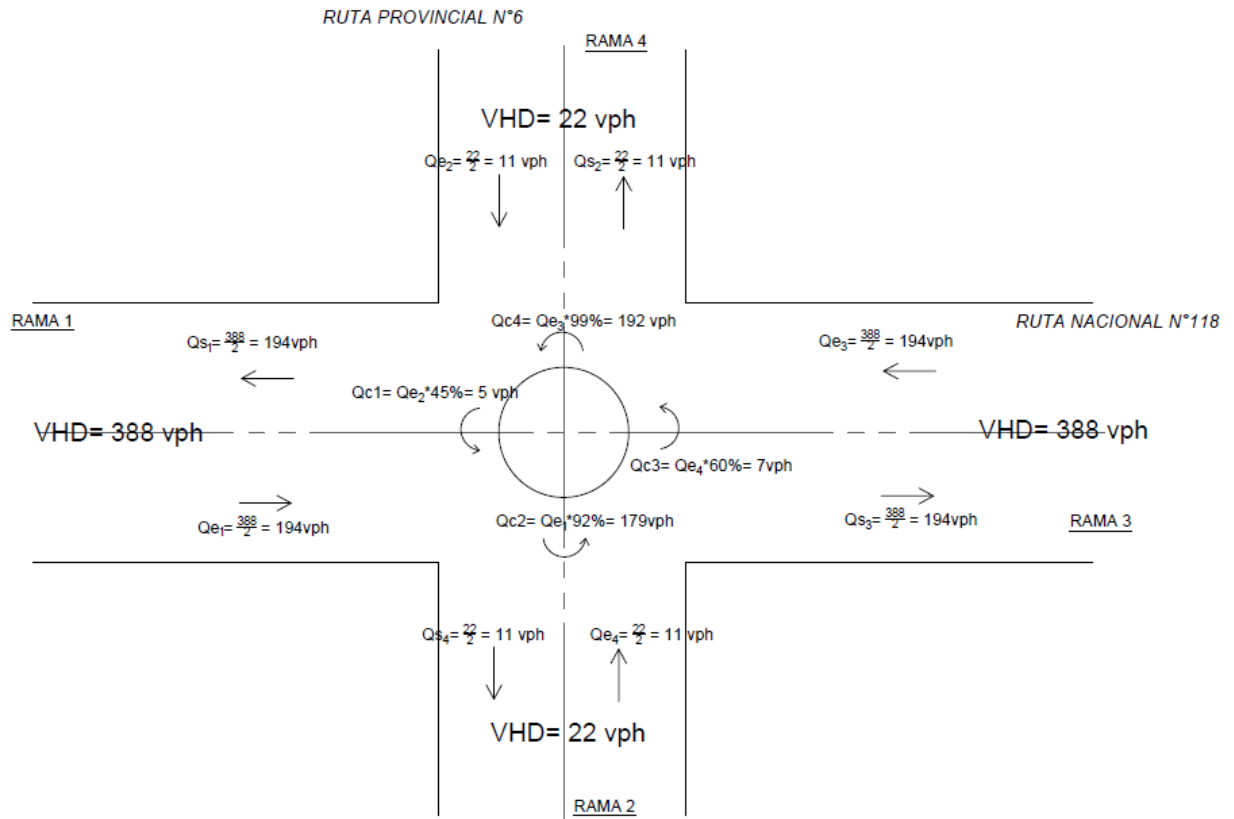


Fig. N° 73. Capacidad de la rotonda. Fuente: Elaboración propia.

#### Verificación de la capacidad de entrada de la rama 1:

$$Q_{c(1)} = 5 \text{ vph}$$

$$Q_{e(1)\text{demanda}} = 194 \text{ vph} = Q_{S(1)}$$

$$Q_{e(1)\text{capacidad}} = 1.500 - \frac{5}{6} (Q_{c(1)} + 0,2 Q_{S(1)})$$

$$Q_{e(1)\text{capacidad}} = 1500 \text{ vph} - \frac{5}{6} (5 \text{ vph} + 0,2 \times 194 \text{ vph}) = 1464 \text{ vph}$$

#### Cálculo de la demanda en la entrada

$$Q_{e(1)\text{capacidad}} = 1464 \text{ vph} > Q_{e(1)\text{demanda}} = 194 \text{ vph}$$

#### Verificación de la capacidad de entrada de la rama 2:

$$Q_{c(2)} = 179 \text{ vph}$$



$$Q_{e(2)\text{demanda}} = Q_{s(2)} = 11 \text{ vph}$$

$$Q_{e(2)\text{capacidad}} = 1.500 - 5/6 (Q_{c(2)} + 0,2 Q_{s(2)})$$

$$Q_{e(2)\text{capacidad}} = 1500 \text{ vph} - 5/6 (179 \text{ vph} + 0,2 \times 11 \text{ vph}) = 1349 \text{ vph}$$

Cálculo de la demanda en la entrada

$$Q_{e(2)\text{capacidad}} = 1349 \text{ vph} > Q_{e(2)\text{demanda}} = 11 \text{ vph}$$

#### Verificación de la capacidad de entrada de la rama 3:

$$Q_{c(3)} = 7 \text{ vph}$$

$$Q_{e(3)\text{demanda}} = Q_{s(3)} = 194 \text{ vph}$$

$$Q_{e(3)\text{capacidad}} = 1.500 - 5/6 (Q_{c(3)} + 0,2 Q_{s(3)})$$

$$Q_{e(3)\text{capacidad}} = 1500 \text{ vph} - 5/6 (7 \text{ vph} + 0,2 \times 194 \text{ vph}) = 1462 \text{ vph}$$

Cálculo de la demanda en la entrada

$$Q_{e(3)\text{capacidad}} = 1462 \text{ vph} > Q_{e(3)\text{demanda}} = 194 \text{ vph}$$

#### Verificación de la capacidad de entrada de la rama 4:

$$Q_{c(4)} = 192 \text{ vph}$$

$$Q_{e(4)\text{demanda}} = Q_{s(4)} = 11 \text{ vph}$$

$$Q_{e(4)\text{capacidad}} = 1.500 - 5/6 (Q_{c(4)} + 0,2 Q_{s(4)})$$

$$Q_{e(4)\text{capacidad}} = 1500 \text{ vph} - 5/6 (192 \text{ vph} + 0,2 \times 11 \text{ vph}) = 1338 \text{ vph}$$

Cálculo de la demanda en la entrada

$$Q_{e(4)\text{capacidad}} = 1338 \text{ vph} > Q_{e(4)\text{demanda}} = 11 \text{ vph}$$

Queda verificada todas las capacidades de ingreso a la rotonda.

El comportamiento de los conductores en las rotondas puede variar bastante. Parece que la manera en que manejan depende de cuánto conozcan las normas de tráfico y de cómo funcionan estas intersecciones. Los conductores que están más acostumbrados a usar rotondas tienden a circular de manera más fluida por ellas.



La experiencia en el uso de las rotondas influye en su eficacia. Es posible que en lugares donde los conductores han tenido más tiempo para familiarizarse con este tipo de intersecciones, el tránsito sea más ordenado. Sin embargo, también parece que incluso los conductores con menos experiencia pueden manejar bien las rotondas si conocen y siguen las normas de tráfico adecuadas.

Por lo tanto, para que el uso de rotondas sea seguro y eficiente, es importante que todos los conductores comprendan y apliquen las normas de tránsito. Esto podría ayudar a mejorar la circulación en las rotondas, independientemente de la experiencia previa de los conductores.

## 6.7 Señalización

Las señales deben responder a las normas nacionales.

La señalización vial organiza el tránsito de vehículos y peatones, proporcionando a los usuarios la información esencial para desplazarse de manera segura. Esto permite que los conductores anticipen maniobras, ajusten su velocidad a las condiciones de la vía, y conozcan las maniobras permitidas y las direcciones que deben seguir para llegar a su destino. Su principal propósito es reducir los accidentes de tránsito.

Las señales viales, o señales de tránsito, se representan mediante imágenes en carteles diseñados para brindar información clara y uniforme. Estas señales cumplen la función de comunicar de forma directa órdenes, advertencias, indicaciones y orientaciones a los usuarios de la vía pública.

Las señales de tránsito informan al usuario sobre las características del camino y su entorno. Así, pueden entenderse como signos visuales destinados a brindar información esencial tanto a conductores como a peatones. Situadas al margen de la vía para facilitar su visibilidad, estas señales tienen como función orientar en relación al camino, los límites de velocidad y advertencias para evitar accidentes. Los principales objetivos de la señalización incluyen:

- Organizar el tránsito para mejorar la seguridad y eficiencia de la circulación.
- Advertir sobre la presencia de posibles peligros.
- Informar sobre normas y reglamentaciones vigentes en ciertos tramos.
- Guiar a los usuarios indicando su ubicación, el destino y las direcciones correctas para el cambio de rumbo.

### 6.7.1 Señalización vertical

Las señales verticales de tránsito se ubican al costado del camino o elevadas sobre la calzada mediante pórticos o ménsulas, con el propósito de orientar, regular y advertir sobre condiciones específicas en la circulación. Su función de regulación implica transmitir órdenes o restricciones de diversa naturaleza.

La señalización vertical es fundamental para mejorar la seguridad y eficiencia del tránsito, por lo que debe ser considerada en cualquier intervención vial como parte del diseño. Para asegurar su efectividad, las señales deben contar con ciertos atributos que garanticen que los usuarios las identifiquen y comprendan. Estos atributos son:



- **Necesidad:** Que su contenido e instalación sean imprescindibles.
- **Conspicuidad:** Que logren captar la atención del usuario.
- **Claridad:** Que su mensaje sea claro y fácilmente entendible.
- **Visibilidad:** Que sean visibles con antelación suficiente para permitir una respuesta adecuada.
- **Respetabilidad:** Que transmitan un sentido de autoridad y respeto.
- **Concisión:** Que el mensaje sea lo más breve y claro posible.

La visibilidad es el atributo principal, ya que permite que los demás atributos cumplan su función. Las señales utilizan forma, color y símbolo para comunicar su significado. De acuerdo con los manuales de la Dirección Nacional de Vialidad, las señales verticales se clasifican según el tipo de información que brindan:

- **Señales de peligro:** Tienen forma triangular con vértice hacia arriba y borde rojo sobre fondo blanco, o amarillo en zonas de obras. Estas señales advierten sobre áreas que pueden representar un mayor riesgo para los conductores.
- **Señales de reglamentación:** Son circulares y pueden indicar prioridad, prohibición (borde rojo y fondo blanco), fin de prohibición, obligación (fondo azul y orla blanca) o restricción de paso. Están destinadas a reglamentar la accesibilidad y preferencias de tránsito en las vías.
- **Señales de indicación:** De forma rectangular, proporcionan información sobre la vía, sus servicios, normas y sentido de circulación. Se subdividen en señales de indicación general, de carriles, de servicios, de orientación, paneles complementarios, entre otras.

La señalización en el anteproyecto se fundamenta en la Ley de Tránsito 24.449 vigente en Argentina, que regula el uso de la vía pública y la circulación de personas, animales y vehículos, así como actividades relacionadas con el transporte.

Las señales claves son la reglamentaria de CEDA EL PASO y la de prevención CEDA EL PASO.

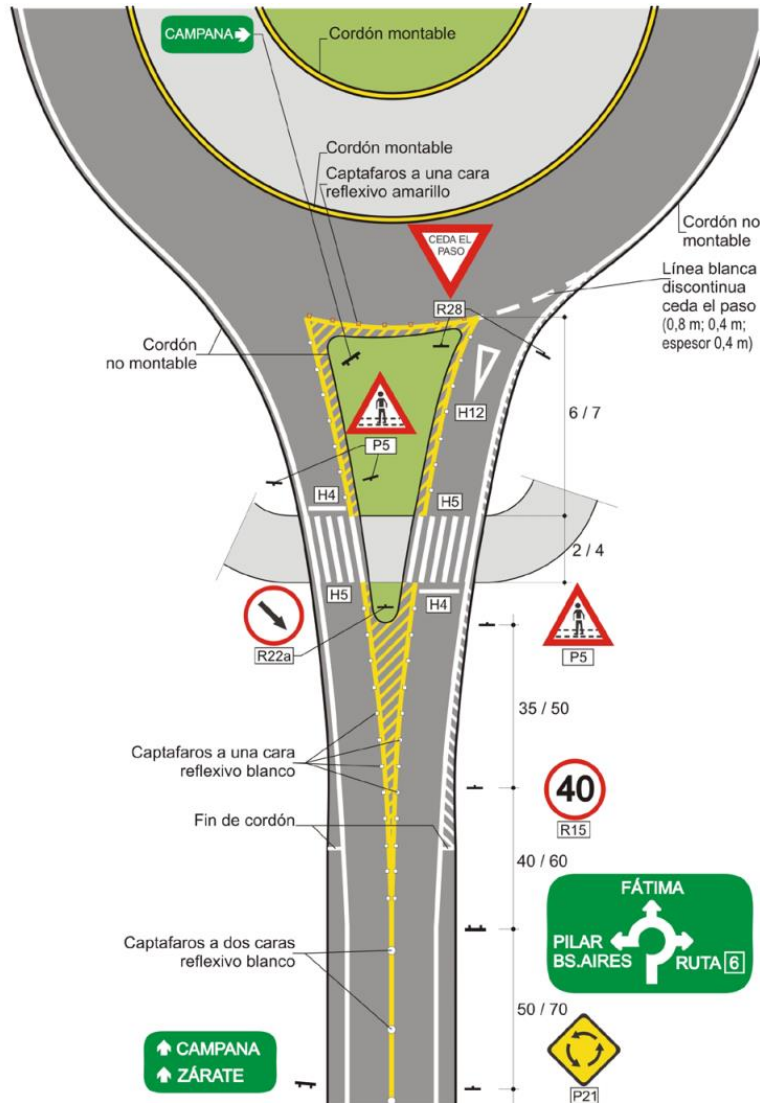


Fig. Nº 74. Señalización en rotonda moderna. Fuente: HMC



Fig. nº 75. Algunas de las señalizaciones verticales importantes  
Fuente: HMC

#### 6.7.2. Señalización horizontal

Las circulaciones de vehículos y peatones deben ser orientadas y controladas para garantizar que se realicen de manera segura, fluida y organizada. Mediante la señalización, se comunica a los usuarios de las vías la manera adecuada y segura de transitar, con el objetivo de minimizar riesgos y prevenir demoras innecesarias.





Las marcas viales, también conocidas como demarcación horizontal, son señales de tránsito aplicadas directamente sobre la calzada, diseñadas para guiar el tránsito vehicular, regular la circulación y advertir sobre ciertas condiciones. Estas marcas actúan como complemento a la señalización vertical y su propósito principal es encauzar el tráfico mediante la transmisión de órdenes o la delimitación de zonas prohibidas.

Usualmente, las marcas viales son de color blanco, aunque pueden variar según el área que delimiten: naranja para zonas de obras, amarillo para zonas de parada de vehículos y azul para espacios de estacionamiento.

Existen tres tipos principales de marcas de señalización horizontal:

### **Marcas Longitudinales**

Son las que se disponen en paralelo al eje de la calzada, y se utilizan para separar sentidos de circulación, delimitar carriles y vías especiales, y regular el tráfico. Estas líneas pueden ser continuas o discontinuas, y su longitud varía según la velocidad permitida en la vía.

Dentro de las marcas longitudinales encontramos:

- **Líneas centrales o de "eje":** Separan corrientes de tránsito en sentidos opuestos, indicando zonas con y sin prohibición de adelantamiento.
- **Líneas de borde:** Señalan a los conductores el límite de la calzada, facilitando su correcta ubicación en la vía.
- **Líneas de carril:** Separan el flujo de tránsito en un mismo sentido.

Además, las marcas longitudinales se clasifican en función de:

- Su trazo: líneas continuas, discontinuas o mixtas.
- Su número: líneas simples (individuales) o dobles.
- Su dimensión: líneas normales o anchas.
- Su textura: líneas planas o conformadas.

### **Marcas Transversales**

Estas marcas se ubican de forma perpendicular al eje de la calzada. Sirven para delimitar áreas de detención de vehículos, pasos de peatones y ciclistas, o sectores de reducción de velocidad en zonas de riesgo (como curvas peligrosas, intersecciones o empalmes). También señalan líneas de límite que no deben sobrepasarse sin realizar una maniobra de respeto al derecho de paso. Como las longitudinales, pueden ser continuas o discontinuas.

Se incluyen en esta clase, las siguientes líneas:

- Líneas auxiliares para reducción de velocidad
- Línea de detención.



- Senda peatonal.
- Senda para ciclistas

### Signos

Este grupo incluye símbolos adicionales que pueden aparecer sobre el pavimento, como flechas de dirección, palabras (STOP, carriles bus-taxi) o zonas cebreadas que delimitan áreas donde está prohibido circular. En algunos casos, la longitud de estos signos también se ajusta en función de la velocidad específica de la carretera.

## 6.8. PAISAJISMO

El paisajismo de la isleta central, isletas separadoras y aproximaciones puede beneficiar la seguridad, y mejorar la calidad visual de la intersección. Los beneficios del paisajismo de la rotonda y sus aproximaciones son:

- Hacen la isleta central más visible.
- Mejoran la estética de la zona al tiempo que complementan paisajes urbanos que rodean tanto como sea posible.
- Visualmente refuerzan la geometría.
- No oscurecen la forma de la rotonda, las señales, o los pasos peatonales.
- Mantienen la distancia visual adecuada en zonas de bloqueo.
- Indican claramente a los conductores que no pueden pasar directamente a través de la intersección.
- Desalientan el tránsito de peatones a través de la isleta central.
- Ayudan a los peatones ciegos y deficientes visuales a localizar las aceras y pasos peatonales.
- Paisajismo de la isleta central. El paisajismo de la isleta central aumenta la seguridad de la intersección, haciéndola más visible y reduciendo las velocidades.





**Figuras Nº 76. Ejemplos de la vegetación. Fuente: HMC**

Seleccionar plantaciones que garanticen la distancia visual adecuada durante la vida del proyecto, considerando el mantenimiento futuro, y los requisitos de diseño actual. Evitar los diseños de jardinería en la isleta central que puedan animar a los peatones a cruzar la isleta central.

El material y color de la eventual platea de camiones debe armonizar con el paisajismo de la rotonda, y diferenciarse de las aceras, para disuadir a los peatones de cruzar la plataforma. Evitar el mobiliario urbano que puede atraer a los peatones a la isleta central, tales como bancos, estatuas decorativas, señales de bienvenida, o monumentos con texto pequeño.

- *Paisajismo de isletas partidoras y aproximaciones.*

En general, a menos que sean muy grandes, las isletas partidoras no debe tener árboles, canteros, o postes de luz. El ajardinamiento no debe impedir la distancia visual en los triángulos de visibilidad.

- *Paisajismo perimetral.*

El paisajismo en los accesos a la rotonda puede mejorar la seguridad al destacar la vista de la intersección. Evitar el ajardinamiento de más 60 cm de altura, en unos 25 m antes del punto de Ceda el Paso. Las plantaciones en las isletas partidoras y en los lados derecho e izquierdo de las aproximaciones (hasta unos 15 m de la línea Ceda el paso) pueden ayudar a crear un efecto de canalización e inducir una disminución de las velocidades en las aproximaciones a la rotonda.

- *El paisajismo puede ser eficaz para restringir al mínimo la distancia visual*

La parte sombreada en la Figura son áreas que deben estar libres de obstáculos de gran tamaño que obstaculicen la visibilidad del conductor. Objetos tales como vegetación de bajo crecimiento, postes de señales o iluminación, y árboles de bajo crecimiento pueden ser aceptables en estas áreas, siempre que no obstruyan de manera significativa la visibilidad de: otros vehículos, isletas separadoras, isleta isletas separadoras, isleta central, u otros componentes clave de la rotonda.



Las zonas restantes, especialmente isleta central, pueden ajardinarse para romper obstruir las luces de los vehículos de sentido contrario.

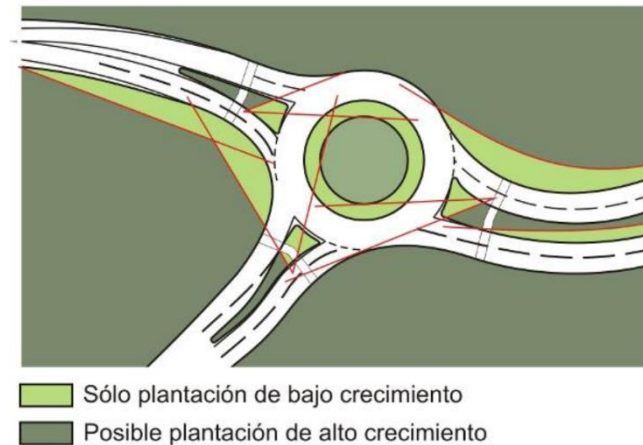


Fig. N° 77. Diagrama de distancia visual. Fuente: HCM

## 6.9. DÁRSENA DE COLECTIVOS Y REFUGIO DE PEATONES

### 6.9.1 Consideraciones generales

Las dársenas mejoran tanto la seguridad como la calidad del servicio en el transporte público, proporcionando un espacio seguro para la detención de autobuses de corta y larga distancia, y facilitando un acceso adecuado para los pasajeros. Estas áreas se diseñan fuera de la calzada principal, de modo que los autobuses puedan detenerse sin interrumpir el flujo vehicular de la ruta. Cada dársena incluye un carril de ingreso y otro de salida, permitiendo así la reducción de velocidad al entrar y la aceleración al salir, lo que facilita maniobras que no serían posibles en las banquetas convencionales. Para soportar el peso de los vehículos sin deformarse, las dársenas deben estar construidas en pavimento rígido.

### 6.9.2. Dimensiones

El diseño de las dársenas será tratado según lo dispuesto en el Capítulo 8 "DISEÑOS ESPECIALES" de la Dirección Nacional de Vialidad (Figura nº78).

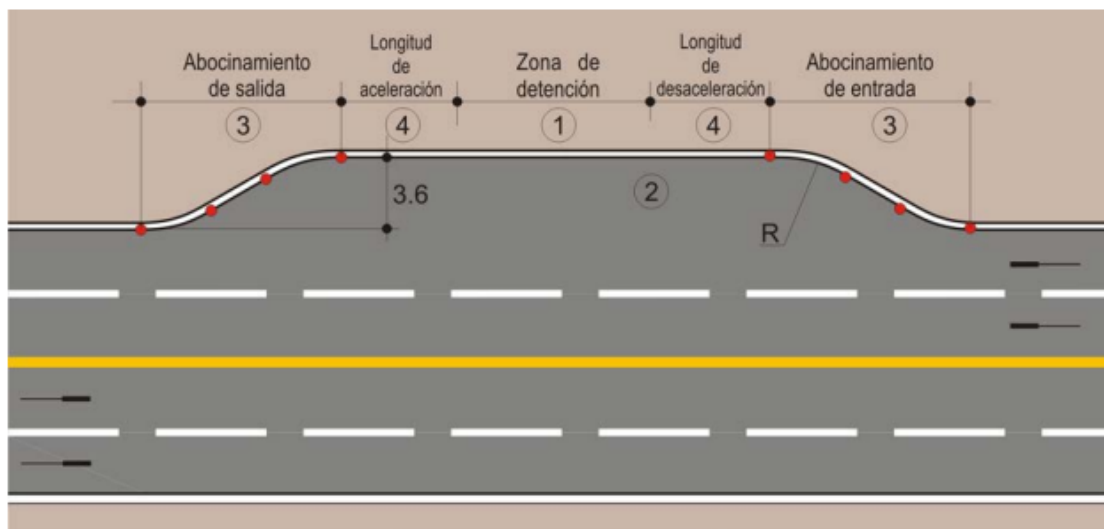
Valores recomendados de diseño de la DNV para una velocidad directriz de 60 km/h (Tabla nº 38):

- La longitud de la zona de detención: 16 m, considerando un ómnibus estándar de 13 m.
- El ancho de dársena 3,60 m.
- Longitud de aceleración: 105 m.
- Longitud de desaceleración: 70 m.
- Longitud de abocinamiento 50 m



Velocidad Directriz km/h	Velocidad Entrada km/h	Longitud Aceleración m	Longitud Desaceleración m	Longitudes medias de abocinamiento m
50	35	60	45	45
60	45	105	70	50
70	55	200	105	60
80	65	310	145	70

Tabla N° 38. Valores recomendados de diseño. Fuente: Manual de diseño DNV



Notas:

1. La longitud de la zona de detención consta de 15 m para cada ómnibus estándar de 12 m, y 21 m para cada ómnibus articulado.
2. Deseablemente el ancho de dársena es de 3,6 m. Para límites de velocidad señalizados menores que 50 km/h es aceptable un ancho mínimo de 3 m. Estos anchos no incluyen la cuneta de cordón.
3. Abajo se listan las longitudes de abocinamiento propuestas. En un abocinamiento de entrada desde un camino arterial puede usarse un abocinamiento mínimo 1:5, mientras que para el abocinamiento de salida no debe ser más fuerte que 1:3.
4. El diseño mínimo para una dársena no incluye longitudes de aceleración o desaceleración. Abajo se listan las longitudes de aceleración y desaceleración propuestas.

Fig. N° 78. Valores recomendados para el diseño de la dársena. Fuente: Manual de diseño DVN.

En la práctica, es habitual permitir la desaceleración y aceleración en los carriles principales, construyendo únicamente la zona de detención con entradas y salidas cortas. Considerando lo anterior, y dado que existen dos carriles de circulación y banquetas pavimentadas con un ancho adecuado, se adopta la siguiente disposición:

- Longitud de la zona de detención: 16 m.
- Ancho de la dársena: 4,00 m.





- Abocinamiento de entrada: 30 m.
- Abocinamiento de salida: 30 m

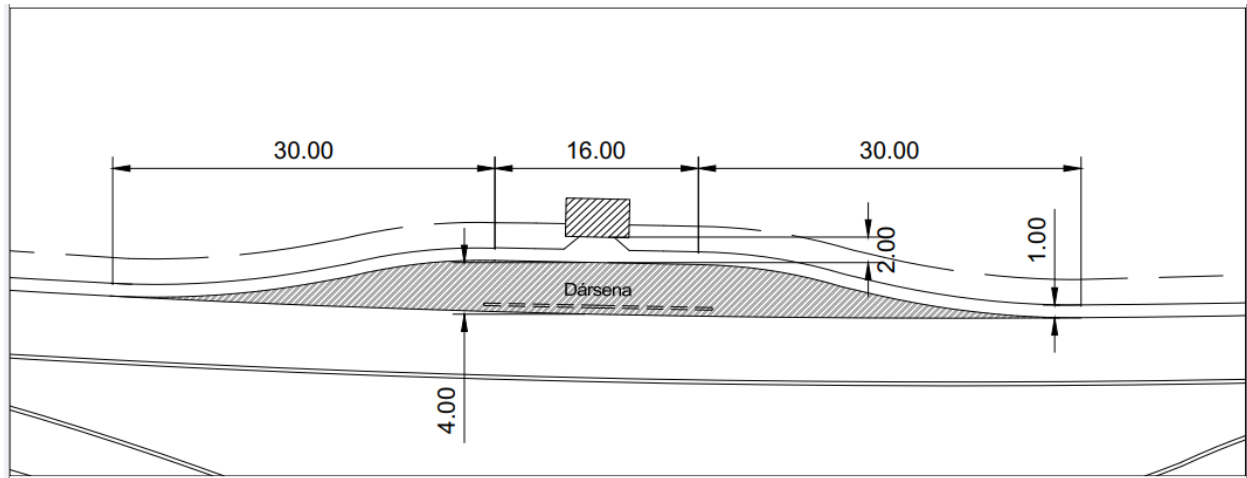


Fig. N°79. Solución adoptada. Fuente: elaboración propia

### 6.9.3 Refugio de pasajeros

Para los peatones se construirán refugios destinados a proteger a los usuarios de todas las condiciones climáticas adversas, con espacios para sentarse y que cuenten con iluminación

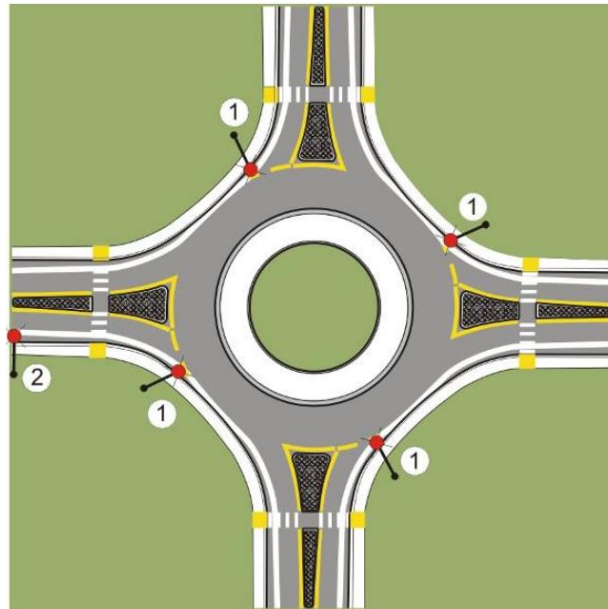
Los detalles del refugio se pueden observar en el plano N°9 del anexo.





## 7. Iluminación

Normalmente las RM deberían iluminarse como un requerimiento de seguridad esencial según las mejoras normas y especificaciones. Los postes deben ubicarse para iluminar especialmente las zonas de conflicto.



- ① Iluminación en zona de "ceda el paso"
- ② Iluminación al comienzo de isleta partidora sobreelevada

Fig. nº 80. Ubicación de iluminación en zonas de conflictos. Fuente: Manual de diseño DVN.



*Iluminación de rotonda moderna con mástil central*



*Iluminación de rotonda moderna con postes laterales*

Fig. Nº 81. Ejemplo de iluminación. Fuente: Manual de diseño DVN.



## 7.1 Diseño de la iluminación de los caminos en estudio

### Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo desarrollar el diseño de iluminación para la rotonda moderna en estudio, siguiendo los lineamientos establecidos en el "Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares para Iluminación" de la DNV. Se abordarán los cálculos necesarios para garantizar un nivel de iluminancia óptimo, promoviendo la seguridad vial y la visibilidad en condiciones nocturnas.

La iluminación adecuada en las vías urbanas es un componente crítico para garantizar la seguridad vial. Un diseño de iluminación efectivo no solo mejora la visibilidad de los usuarios de la vía, sino que también contribuye a la prevención de accidentes al permitir una mejor percepción de los obstáculos y las señales de tránsito. La correcta iluminación de una rotonda, en particular, es esencial para guiar a los conductores y peatones de manera segura, reduciendo así los riesgos asociados con la baja visibilidad nocturna.

El diseño de la adopción de luminarias se basa en criterios técnicos y normativos establecidos en el "Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares para Iluminación" de la DNV. Este enfoque considera factores como el flujo luminoso, la distribución de la luz y la disposición espacial de las luminarias, asegurando que se alcancen los niveles de iluminancia requeridos. La planificación del sistema de iluminación es fundamental para maximizar su efectividad y eficiencia.

En los últimos años, la adopción de tecnología LED en sistemas de alumbrado público ha transformado el panorama de la iluminación vial. Las luminarias LED ofrecen múltiples beneficios, incluyendo un alto rendimiento luminoso, menor consumo energético y una vida útil significativamente mayor en comparación con las tecnologías tradicionales. Esta reducción en el consumo de energía no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también representa un ahorro económico a largo plazo. Además, las luminarias LED permiten una mejor gestión del color y la temperatura de luz, mejorando la percepción visual en las vías y, por ende, la seguridad de los usuarios.

## 7.2 Cálculos

Para el diseño de la iluminación de la rotonda, se ha seleccionado una luminaria LED con las siguientes características técnicas:

- **Fuente de luz:** LED (diodo emisor de luz), que proporciona una iluminación más eficiente y duradera en comparación con tecnologías tradicionales.
- **Potencia:** 150 W, lo que permite un equilibrio entre consumo energético y flujo luminoso.
- **Eficiencia luminosa:** 133 lm/W, garantizando un alto rendimiento en términos de luz producida por unidad de energía consumida.
- **Voltaje de entrada:** 220-240 V AC, adecuado para la red eléctrica estándar.



- **Protector de sobretensión:** Incluido, para proteger las luminarias contra picos de voltaje y garantizar su funcionamiento óptimo.
- **Flujo luminoso:** 20,000 lm, lo que asegura una adecuada iluminancia para la rotonda.
- **Emisión de color:** 4000 K (blanco neutro), favoreciendo una mejor percepción visual en la vía.
- **Material:** Cuerpo de aluminio, que ofrece resistencia y durabilidad, además de facilitar la disipación del calor.
- **Resistencia al agua:** IP65, garantizando la protección contra la entrada de agua y polvo, adecuada para condiciones ambientales diversas.
- **Vida útil:** 50,000 horas, lo que reduce la necesidad de mantenimiento y reemplazos frecuentes.
- **Ángulo del haz:** 120°, permitiendo una distribución amplia de la luz para cubrir eficientemente la rotonda.
- **Temperatura de funcionamiento:** -20 °C a 50 °C, asegurando un rendimiento fiable en diferentes condiciones climáticas.
- **Altura de la columna:** 9 metros con 1 metro de empotramiento, optimizando la proyección de luz y minimizando el deslumbramiento para los conductores.

El cálculo se llevará a cabo siguiendo el método de las luminarias propuesto por la DNV. Este enfoque permitirá determinar la distancia máxima de separación entre luminarias sucesivas, garantizando así una distribución uniforme de la iluminancia en la rotonda. La correcta separación es fundamental para optimizar la cobertura y minimizar posibles áreas con baja iluminación, contribuyendo a la seguridad vial.

#### 7.2.1. Determinación del Nivel de Iluminancia Media (Em)

Para determinar este valor se recurre a las tablas provistas por DNV, dentro del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares para Iluminación.

De la siguiente tabla N°39 "**Clasificación de calzadas**" se adopta calzada "clase B\*" considerando que el tránsito corresponde a una intersección en un entorno semi urbano.



Clase	Carácter del tránsito	Descripción	Ejemplos
A*	MUY RÁPIDO $V > 100$ km/h	Calzadas de manos separadas, dos o más carriles por mano, libre de cruces a nivel, control de accesos y salidas	AUTOPISTAS
B*	RÁPIDO $V \leq 100$ km/h	Calzadas para tránsito rápido, importante, sin separadores de tránsito.	TRAMOS DE RUTAS NACIONALES, PROVINCIALES
C**	SEMI - RÁPIDO $V \leq 60$ km/h	Calzadas de una o dos direcciones de desplazamiento, con carriles de estacionamiento o sin ellos; con intensa presencia de peatones y obstáculos.	AVENIDAS PRINCIPALES VÍAS DE ENLACE ENTRE SECTORES IMPORTANTES
D**	LENTO $V \leq 40$ km/h	Calzadas con desplazamiento lento y trabado; con carriles de estacionamiento o sin ellos; con intensa presencia de peatones y obstáculos.	ARTERIAS COMERCIALES, CENTROS DE COMPRA
E**	MODERADO $V \leq 50$ km/h	Acumulan y conducen el tránsito desde un barrio hacia vías de tránsito de orden superior, (clases A, B, C, D).	AVENIDAS SECUNDARIAS CALLES COLECTORAS DE TRÁNSITO
F**	LENTO $V \leq 40$ km/h	Calles residenciales de una o dos manos; con tránsito exclusivamente local. Presencia de peatones y obstáculos.	CALLES RESIDENCIALES
* Sin presencia de peatones. ** Con presencia de peatones.			

Tabla N°39. Clasificación de calzada. Fuente: Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares para Iluminación de DNV

De la tabla N°40 “Características del alumbrado por el método de las Iluminancias” adoptamos la clase C ya que no tenemos un valor recomendado para la clase B, lo que nos da un valor mínimo de iluminancia promedio de 40 lux

Clase	Valores mínimos			Grado mínimo de apantallamiento
	Nivel inicial promedio Emed (lx)	Uniformidad		
		G <sub>1</sub> Emin / Emed	G <sub>2</sub> Emin / Emáx	
C	40	1/2	1/4	APANTALLADO
D	27	1/3	1/6	SEMIAPANTALLADO
E	16	1/4	1/8	SEMIAPANTALLADO
F	10	1/4	1/8	NO APANTALLADO

Tabla N° 40. Características del alumbrado. Fuente: Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares para Iluminación de DNV



Tipo de vía	Iluminancia media (lx)	Luminancia media (cd/m2)
A	35	2
B	35	2
C	30	1.9
D	28	1.7
E	25	1.4

Tabla N° 41. Iluminancia y luminancia media. Fuente: Recursos.citsea.upc.edu

### 7.2.2 Disposición de las Luminarias

La disposición de las luminarias debe optimizar la cobertura y minimizar la aparición de sombras. Se propone una configuración equidistante y unilateral, considerando la altura de instalación y el ángulo de apertura del haz luminoso.

-Ancho de calzada (A) = 7,30m

-Altura de la columna de luz (H) = 9m

- Separación adoptada (S) = 30m

Se presenta a continuación la tabla de valores límites a tener en cuenta.

Para cada luminaria propuesta	Valores límite
Vida útil de la luminaria y bloques ópticos	≥ 50.000 horas (incluidos óptica, driver y fuente luminosa con el mantenimiento del 70% del flujo inicial)
Sistema de refrigeración de la fuente de luz.	Mediante disipadores
Grado de protección grupo óptico IP	≥ 65
Grado de Protección IK	≥ 0,8
Índice de reproducción cromático	≥ 70
Eficiencia de la Luminaria (lm/w) El cálculo del rendimiento lumínico deberá ser realizado considerando la luminaria completa, tanto para el flujo luminoso como para el consumo (incluyendo todos los componentes: placas, driver, etc.).	≥70
Temperatura de Color del LED utilizado	3800°K ≥ X ≤ 4200°K
Flujo lumínico mínimo	≥17000 lm (a 530 mA)
Relación de flujo hacia el hemisferio superior	≤ 1%
Tensión de alimentación eléctrica	180 ≤ V ≤ 245
Factor de potencia	≥ 0.95
Frecuencia	50-60 Hz
Garantía del producto	≥ 5 años
Montaje de la luminaria	En columna según este PET
Temperatura de funcionamiento	-20° C.-80°C
Tecnología fotométrica de la placa LED	Multicapa
LED individual Mínimo	3,3 W
Dimensiones / Peso	Deberán ser acordes a las características constructivas de las columnas descritas. Serán preferibles las luminarias de menor peso.

Tabla N° 42. Valores límites. Fuente: Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares para Iluminación de DNV



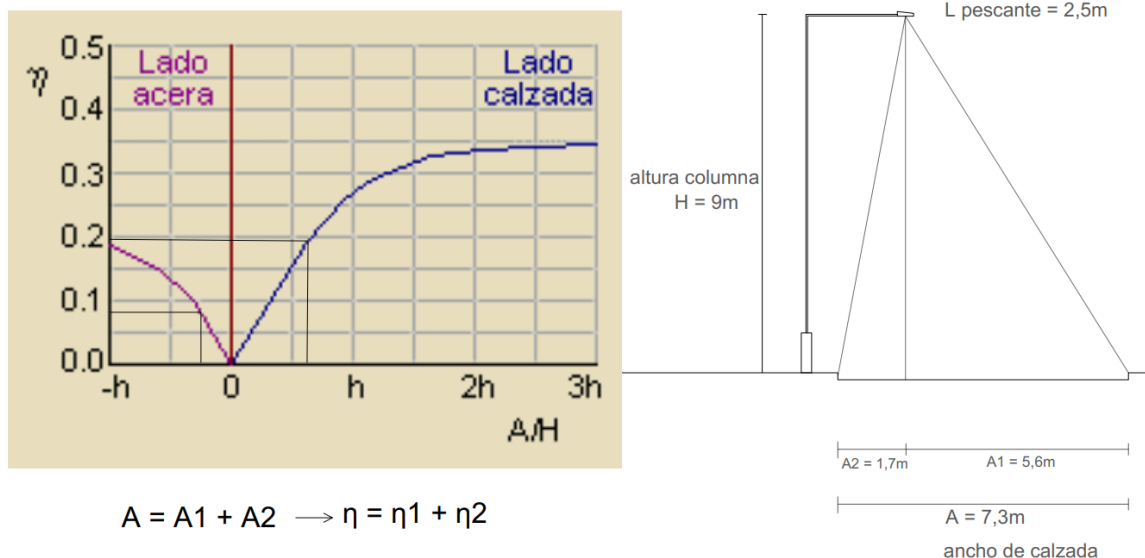
### Determinación del Factor de Mantenimiento o Conservación (Fm)

El factor de mantenimiento (Fm) se determina considerando la pérdida de flujo luminoso debido a la suciedad y el envejecimiento de las luminarias.

El apartado 2.2 de Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares para Iluminación, recomienda utilizar como factor de mantenimiento 0,85 o superior. Se adopta un valor de  $F_m=0,85$  que incluye el mantenimiento regular y la limpieza programada.

### Cálculo del Factor de Utilización ( $\eta$ )

El factor de utilización ( $\eta$ ) se calcula con base en la distribución del flujo luminoso de la luminaria y las características del entorno. Es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y se define como el cociente entre el flujo útil, el que llega a la calzada, y el emitido por la lámpara.



$$A = A_1 + A_2 \rightarrow \eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\begin{aligned} A_1/H &= 0,63 \rightarrow \eta_1 = 0,2 \\ A_2/H &= 0,2 \rightarrow \eta_2 = 0,09 \end{aligned} \rightarrow \eta = \eta_1 + \eta_2 = 0,3$$

Fig. N° 82. Cálculo del factor de utilización. Fuente: Elaboración propia

Se adopta un coeficiente  $\eta = 0,55$

### Verificación

Una vez obtenidos los valores de  $E_m$ ,  $F_m$ , y  $\eta$ , se procederá a verificar que el nivel de iluminancia media cumpla con los estándares mínimos establecidos en el pliego.





Se calcula el nivel de iluminación media para las dimensiones adoptadas y la luminaria propuesta:

$$Em = \frac{\Phi l \cdot Fm \cdot \eta}{A \cdot D} \quad Em = \frac{20.000lm \times 0,85 \times 0,55}{7,3m \times 30m} = 42,7 \frac{lm}{m^2} = 42,7 lux > 40 \frac{lm}{m^2}$$

Siendo:

- $\Phi l$ : Flujo luminoso de la lámpara en lm
- Fm: Factor de mantenimiento o conservación
- $\eta$ : Factor de utilización
- A: ancho de calzada (m)
- D: separación entre columnas (m)

Luego queda la verificación de la separación propuesta (D):

$$D = \frac{\Phi l \cdot Fm \cdot \eta}{Em \cdot A} = Dmax = \frac{20.000lm \times 0,85 \times 0,55}{7,3m \times 40 \left(\frac{lm}{m^2}\right)} = 32 m > 30m$$

### 7.2.3. Características de las Columnas

Serán tubulares de acero sin costura según normas IRAM 2502/2592, SAE 1020. Cada columna tendrá una parte recta de cuatro tramos y un pescante (columna tipo telescópica).

Las dimensiones son las siguientes:

- Altura libre: 9,00m
- Longitud de empotramiento: 1,00m
- Longitud de pescante: 2,50m

### Anexos

- Planos de disposición de luminarias (plano N°8 del anexo)
- Especificaciones técnicas de luminarias seleccionadas en el anexo



## 8. ESTUDIO HIDROLÓGICO

### 8.1. Estudios antecedentes vinculados a la Ruta Provincial N° 6

A continuación, se presentan los estudios antecedentes extraídos del anteproyecto de la pavimentación de la R.P N°6 realizado por DPV, que permiten entender mejor el contexto de la cuenca y las obras de arte de la Ruta Provincial N° 6:

#### 8.1.1 Clima

La provincia de Corrientes tiene un clima subtropical sin estación seca. La cuenca del Batel y Batelito está influenciada por este clima, experimentando excesos hídricos en los meses de diciembre a marzo, que generan escurrimientos superficiales y desbordes, afectando la infraestructura vial y los ecosistemas cercanos a la Ruta Provincial N° 6.

#### Aspectos Geodinámicos

La cuenca forma parte de las llanuras del noreste argentino, con un relieve plano y ligeras ondulaciones que permiten una distribución uniforme del agua. Su posición geográfica modula el clima, con temperaturas estables y lluvias anuales que superan los 1.500 mm, concentradas en ciertos periodos. El escurrimiento del agua depende tanto de las precipitaciones como del relieve, con mayor acumulación en zonas bajas y mayor flujo hacia los cauces.

#### Régimen térmico

El régimen térmico de la cuenca del Batel y Batelito tiene una temperatura media anual de 21°C, con máximas que superan los 40°C en verano y mínimas cercanas a -4°C en invierno. En verano, las altas temperaturas intensifican la evaporación, mientras que en invierno pueden ocurrir procesos de congelación. Los meses de julio (13,5°C a 15°C) y enero (más de 26°C) destacan como extremos térmicos, influyendo en el escurrimiento y retención de aguas en la cuenca.



Temperatura media anual	21° C
Temperatura mínima absoluta	-4°C a -3 °C
Temperatura máxima absoluta	40 °C a 42 °C
Temperatura media de julio	13,5 °C a 15° C
Temperatura media de enero	26° C a 26,5° C
Días con heladas meteorológicas	1.5
N° de horas frío anuales < 7,5 °C	250
Precipitación media anual (1980 -2002)	1.609 mm
Días al año con precipitación efectiva	90
Días con Granizo	1

Tabla N° 43. Datos climáticos departamento de Concepción – Fuente: DPV.

### 8.1.2 Régimen de Precipitaciones

La precipitación anual en la provincia de Corrientes presenta dos picos, el de mayor intensidad en primavera y verano, y un mínimo durante el invierno. Este régimen es clave para comprender el funcionamiento hidrológico de la cuenca del Batel y Batelito, dado que las lluvias, que alcanzan un promedio de 1.500 mm anuales en la región, constituyen la principal fuente de alimentación de los cuerpos de agua de la cuenca.

Localidad	Fuente	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
General Paz	SMN	150	144	178	162	118	99	62	67	101	184	124	137	1.526
Mercedes	SMN	127	117	142	132	92	74	55	58	96	140	124	117	1.274
Goya	SMN	124	115	149	124	73	50	40	40	74	124	119	120	1.152

Tabla N°44. Precipitación Media Mensual - Periodo entre los años 1920 -1983–  
Fuente: DPV.

Localidad	Fuente	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
General Paz	DPV	165	146	147	231	92	106	76	54	103	207	178	159	1.665
Mercedes	INTA	132	173	194	220	104	85	59	42	92	121	147	124	1.493
Goya	DPV	174	148	207	250	75.6	75.3	47.2	34	77.5	146	180	159	1.574
Concepción	SRHN	136	256	160	227	75	87	63	46	88	184	135	153	1.609

Tabla N°45. Precipitación Media Mensual - Periodo entre los años 1980 -2002–  
Fuente: DPV.



Localidad	Periodo		
	1	2	3
	1921 / 1950	1951 / 1980	1981 / 2000
Mercedes	1.273	1.266	1.493
General Paz	S/D	1.526	1.665
Goya	1.101	1.204	1.574
Concepción	S/D	S/D	1.609

Tabla N° 46. Comparación de la PMA en mm, entre distintos Períodos –  
Fuente: DPV.

### 8.1.3. Precipitaciones máximas

Las precipitaciones máximas posibles en la localidad de Mercedes, para diferentes períodos de retorno, brindan una referencia útil sobre la magnitud de los eventos pluviales que podrían ocurrir en la región de estudio. Estos valores de Precipitación Máxima Probable (PMP) son fundamentales para evaluar el impacto de fenómenos climáticos extremos en la cuenca del Batel y Batelito, así como en la infraestructura asociada, como la Ruta Provincial N° 6.

El siguiente cuadro presenta los valores de precipitación máxima probable en función de la duración de las tormentas y los períodos de retorno (10, 50 y 500 años). Estos datos son esenciales para la planificación hidráulica y para el diseño de obras de infraestructura capaces de mitigar el impacto de las lluvias intensas en la región.

P (años)	60 min.	120 min.	180min	240min	360 min.	720 min.	1440 min.
10	47	62	73	81	95	125	165
50	61	81	95	106	124	164	215
500	80	105	123	138	162	213	280

Tabla N°47. Precipitación Máxima Probable en mm – Fuente: Secretaría de  
Recursos Hídricos, Provincia de Corrientes – Proyecto Represa Garaví, 1990

En particular, se destacan las precipitaciones extremas ocurridas en el mes de abril de 1998, asociadas con el fenómeno climático de "El Niño". Durante este evento, se registraron precipitaciones que alcanzaron valores cercanos a los de la Precipitación Máxima Probable para un período de retorno de 500 años. Estas lluvias se distribuyeron durante tormentas con duraciones de 12 y 24 horas, lo que representa un desafío significativo para la gestión del agua en la cuenca.



Localidad	11/4/1998	12/4/1998	13/4/1998	14/4/1998	Suma	Fuente
Ea. Oscuro	54	276	101	57	488	Ea. Oscuro
Peruggorria	105	226	90	50	471	DPV
Chavarria	88	153	157	49	447	EVARSA
Goya	-	400	40	55	495	DPV
Mercedes	125	205	140	50	520	INTA

**Tabla N°48. Evento extremo de precipitación 1998. Fuente: Detallada en la tabla.**

El carácter excepcional de este evento se evidenció por la acumulación de lluvias a lo largo de cuatro días consecutivos, en un contexto de humedad elevada, debido a la continuidad del fenómeno de "El Niño" desde octubre de 1997. Este fenómeno mostró la capacidad de acumulación de agua en un corto período de tiempo, afectando el comportamiento hidrológico en el área y destacando la vulnerabilidad de la infraestructura y las comunidades ante precipitaciones extremas.

Una vez presentada toda la información antecedente, más adelante en este capítulo, se relacionan estos datos históricos extraídos del anteproyecto realizado por parte de la DPV, con imágenes satelitales en años hidrológicos húmedos para poder describir mejor el comportamiento de la subcuenca en estos episodios y como afecta esto a las obras de arte ubicadas sobre la traza de la ruta provincial N°6.

Además, se continua con el análisis de otros parámetros como la superficie de aporte de la subcuenca (mapa de recursos hídricos de la provincia), mapa topográfico para identificar las zonas más bajas, mapa de isohietas confeccionado a través del mapa de precipitaciones medias anuales provisto por el INTA, datos de lluvia de Concepción abalados por las curvas isohietas, carta de hidrodinámica de la zona en estudio provisto por el ICAA, planialtimetría de la traza con la ubicación de obras de arte, con respectivas planillas y planos. También se presentarán fotos actuales de la zona y de las obras de arte, producto del trabajo de campo realizado.

## 8.2 Hidrología superficial

Esta cuenca está dividida en los sectores "Esteros" y "Fluvial", separados en la convergencia de los departamentos Saladas, Concepción y Mburucuyá. Los aportes hídricos provienen del río principal, que drena por el Puente de Paso Aguirre, y de subcuencas menores, incluidas depresiones locales, que influyen en el diseño de obras como puentes y alcantarillas.

La cartografía del IGM y métodos adicionales han caracterizado el terreno, destacando lomas preservadas y áreas con transfluencia (intercambio de agua entre subcuencas). Algunas subcuencas, como el Estero Basualdo y la Cañada Fragosa, tienen un drenaje complicado, actuando como "pulmones" con fluctuaciones internas de agua.

El análisis es clave para planificar infraestructura que contemple las complejas dinámicas de escurrimiento y variaciones hídricas en la región.



## Particularidades de la Cuenca del Río Santa Lucía

La cuenca del Río Santa Lucía, en el área de la Ruta Provincial N°6, presenta características importantes para el diseño de infraestructura vial, como su tamaño, pendiente y patrones de lluvia. Las interacciones entre cuerpos de agua como el Estero Basualdo y el Río Santa Lucía influyen en la distribución del caudal. La vegetación herbácea domina la cuenca, jugando un papel crucial en los procesos hidrológicos. Esta cubierta vegetal influye en el escurrimiento superficial, favoreciendo el flujo laminar, que previene la erosión del suelo y contribuye al depósito de materiales.

En áreas con topografía más pronunciada o vegetación insuficiente, pueden ocurrir problemas de erosión. Sin embargo, en condiciones normales, la vegetación actúa como barrera natural que protege contra la erosión hídrica. Este fenómeno tiene implicancias en el diseño de obras viales, especialmente en la protección de taludes y cunetas, donde la vegetación ayuda a frenar el desgaste del terreno. Aunque no es una solución completamente eficiente en todos los casos, su presencia mejora la sostenibilidad de las obras y reduce el riesgo de desestabilización.

## 8.3 Parámetros de Diseño Relacionados con la Cuenca

El diseño de la infraestructura hidráulica a lo largo de la Ruta Provincial N° 6 considera las características particulares de la cuenca del Río Santa Lucía, como sus áreas antropizadas y las depresiones del terreno que forman cuencas cerradas o "cubetas". Estas características influyen en el escurrimiento de las aguas pluviales, lo que requiere un diseño cuidadoso para evitar represamientos, inundaciones y daños en las áreas periféricas.

Se toman en cuenta las fluctuaciones climáticas de la región, que provocan variaciones en el comportamiento hídrico de la cuenca, desde inundaciones en períodos de alta precipitación hasta desecación en ciclos de baja precipitación. Para mitigar estos efectos, el diseño incluye obras de drenaje adecuadas, como puentes y alcantarillas, que aseguran el flujo adecuado del agua y previenen problemas de escurrimiento. En resumen, el diseño de la Ruta Provincial N° 6 debe gestionar eficientemente el escurrimiento superficial y el drenaje de aguas pluviales para garantizar la sostenibilidad y evitar riesgos climáticos extremos.

En este estudio, se detallan las características topográficas que se tuvieron en cuenta y que afectan al flujo de agua en la cuenca, incluyendo las pendientes y las características de los terrenos bajos que pueden generar inundaciones.

### 8.3.1 Estudio Topográfico

El Estudio Topográfico realizado para la Ruta Provincial N° 6 tuvo como objetivo principal obtener un levantamiento detallado de la infraestructura existente, tanto vial como hidráulica, en el área de influencia de la cuenca. Este trabajo de campo incluyó el relevamiento de toda la obra vial existente, mediante la obtención de perfiles transversales que permitieron analizar la sección del terreno y su variabilidad en el trazado de la ruta.

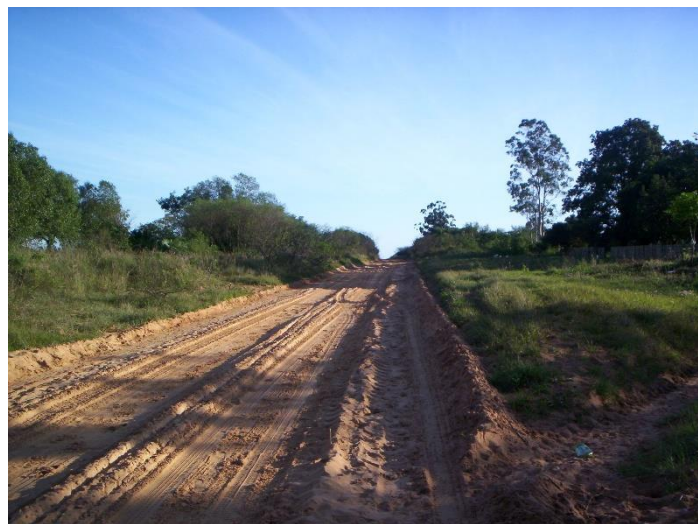




**Fig. N°83. PROG. 28+550 – relevamiento topográfico. Fuente: DPV**



**Fig. N° 84. - PROG. 29+530 – Relevamiento topográfico. Fuente: DPV**



**Fig. N° 85. PROG. 24+300 – estado de calzada año 2005. Fuente: DPV**

El estudio se centró en medir y registrar los parámetros geométricos de las obras de arte, como puentes, alcantarillas y dispositivos de drenaje. Se tomaron cotas de desagües, niveles máximos de agua durante inundaciones y el nivel actual del agua en las zonas cercanas. Esta información fue organizada en planillas con detalles sobre los materiales y el estado de conservación de las infraestructuras de drenaje. El análisis ayudó a determinar si las infraestructuras están en condiciones adecuadas o requieren mantenimiento. Además, se incluyó un análisis visual con fotografías digitales, facilitando la identificación de problemas y necesidades de intervención, lo que es crucial para la planificación de mejoras en la infraestructura vial e hidráulica de la Ruta Provincial N°6.



Fig. N°86. PROG. 25+900 – Ubicación propuesta para alcantarilla N°39. Fuente: DPV



Fig. N°86 y n°87. PROG. 26+400 – UBICACIÓN ALCANTARILLA N°40 – FUENTE DPV



Fig. N°88 y N°89. PROG. 27+275 – UBICACIÓN ALCANTARILLA N°41 – FUENTE DPV



Fig. N°90 y N°91. PROG. 28+576 – UBICACIÓN ALCANTARILLA N°44 – FUENTE DPV  
Autores: Mosqueda Mariano y Genaro Tomas Verrastro





Fig. N° 92 y n°93. PROG. 28+740 – UBICACIÓN ALCANTARILLA N°45 – FUENTE DPV



Fig. N°94. PROG. 29+478 – UBICACIÓN ALCANTARILLA N°47 – FUENTE

### 8.3.2 Estimación de las Crecientes en la Cuenca del Río Santa Lucía

Se utilizó el estudio previo para el cálculo hidrológico del Puente en Paso Aguirre, además de los datos de caudales medidos por la empresa EVARSA en la localidad de Santa Lucía, que proporcionan información sobre el comportamiento histórico del río. Dado que no se disponen de mediciones directas en las subcuencas, se empleó el Método Racional, adecuado para cuencas pequeñas, para estimar las crecientes máximas.

El Tiempo de Concentración ( $T_c$ ), esencial para determinar el caudal pico en eventos de crecida, se calculó usando la fórmula de Kirpich, que relaciona la longitud de la cuenca y la diferencia de cotas para obtener el tiempo en minutos.

$$T_c = 56,889 \times \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Siendo:



- **L** es la longitud de la cuenca, medida desde el punto más distante hasta la sección en estudio, en kilómetros.
- **H** es la diferencia de cotas (o desnivel) entre el punto más alto y el punto de estudio, en metros.
- **Tc** es el tiempo de concentración, en minutos.

En resumen, la estimación de las crecientes máximas en la cuenca del Río Santa Lucía se basa en el análisis de datos históricos, el uso del Método Racional y la fórmula de Kirpich para calcular el Tiempo de Concentración (Tc). Estos métodos permiten prever el comportamiento hidrológico durante eventos de crecida, lo que es crucial para dimensionar adecuadamente las infraestructuras de drenaje y evitar inundaciones. La fórmula de Kirpich ayuda a estimar el tiempo que tarda el agua en recorrer la cuenca, lo que facilita la comprensión del caudal en condiciones de lluvia intensa.

### **Intensidad de Precipitaciones en la Estimación de Crecientes**

El análisis de las crecientes máximas en la cuenca del Río Santa Lucía considera la intensidad de las precipitaciones como un factor clave. Para estimar las crecientes, se utiliza la Curva Masa de Precipitación obtenida de los datos de la Estación Mercedes, proporcionada por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Corrientes. Esta curva, desarrollada en el marco del Proyecto Represa Garaví en 1990, muestra la acumulación de lluvia a lo largo del tiempo, ayudando a modelar la intensidad de las precipitaciones según su duración y frecuencia. Esta herramienta es fundamental para calcular los caudales de crecida y dimensionar las infraestructuras de drenaje necesarias.

### **Coeficiente de Escorrentía**

El Coeficiente de Escorrentía es un parámetro importante en hidrología que mide la proporción de la lluvia que se convierte en escorrentía superficial. Este coeficiente ayuda a calcular los caudales de crecida y a entender cómo las precipitaciones generan flujo superficial, lo que puede contribuir a inundaciones o afectar el diseño de infraestructuras de drenaje.

El valor del coeficiente depende de varios factores, como:

- **Tipo de suelo y su permeabilidad:** Suelos permeables, como los arenosos, reducen la escorrentía, mientras que los suelos compactos o arcillosos aumentan la escorrentía.
- **Vegetación:** Las áreas con vegetación densa absorben parte del agua, reduciendo la escorrentía.
- **Pendiente del terreno:** Las zonas con pendiente pronunciada generan mayor escorrentía debido a la rápida circulación del agua.
- **Uso del suelo:** Las áreas urbanizadas con superficies impermeables, como pavimentos, tienen mayor escorrentía.

Este coeficiente es fundamental para la predicción del comportamiento hidrológico en la cuenca y para la planificación de drenajes adecuados y prevención de inundaciones.



## Tiempos de Recurrencia en el Cálculo de Crecidas

El tiempo de recurrencia (TR) es fundamental en los estudios hidrológicos para dimensionar infraestructuras de drenaje, como alcantarillas. Este parámetro indica la probabilidad de que ocurra un evento de lluvia intensa o crecida en un período determinado. Por ejemplo, un TR de 100 años significa que un evento de esa magnitud tiene una probabilidad de ocurrir una vez cada 100 años, en promedio.

### Relación entre magnitud y tiempo de recurrencia:

- **Mayor magnitud → mayor tiempo de recurrencia:** Los eventos de mayor magnitud son menos frecuentes, pero más intensos, lo que implica un mayor riesgo de inundaciones severas. Sin embargo, diseñar para estos eventos aumenta los costos de construcción de las infraestructuras.
- **Menor magnitud → menor tiempo de recurrencia:** Los eventos de menor magnitud ocurren más frecuentemente, pero con menor impacto, lo que reduce los costos de construcción, pero aumenta el riesgo de daños debido a la mayor frecuencia de crecidas. Además, incrementan los costos de mantenimiento de las obras.

### Erosión y fallos en infraestructuras:

La falla de infraestructuras como alcantarillas no suele ser causada por una sola crecida extrema, sino por un proceso erosivo continuo. En cuencas pequeñas, donde las crecidas son rápidas y frecuentes, los escurrimientos de menor magnitud erosionan progresivamente el material de las infraestructuras. Este proceso ocurre cuando los escurrimientos intermedios no son suficientes para reponer el material erosionado antes del siguiente evento.

Al elegir un tiempo de recurrencia elevado para el diseño de alcantarillas, se puede permitir un mayor escurrimiento, ya que el tiempo de las crecidas es corto y los efectos erosivos son limitados. Además, entre los eventos más grandes, los escurrimientos intermedios pueden ayudar a reponer el material erosionado.

La tabla de tiempos de recurrencia según W. Jarocki establece los tiempos recomendados para el diseño de infraestructuras hidráulicas, como alcantarillas y puentes, según la categoría de la vía (principal o secundaria) y el tipo de estructura. Su propósito es equilibrar el costo inicial de la obra, el riesgo de daños y los costos de mantenimiento a largo plazo, asegurando un diseño adecuado y eficiente para cada tipo de infraestructura.

En función de este criterio, para la estimación de las crecidas de diseño se adoptó un

Categoría de la vía	Tiempo de recurrencia ( años)		
	Terraplenes	Puentes	Alcantarillas
Autopistas Urbanas y rurales	100	100	50
Rutas Principales	50	50	25
Caminos vecinales	25	25	10
Caminos provisorios	10	10	5

Tabla N° 49. Tiempo de recurrencia para el diseño de obras viales. Fuente: Cornero Guillermo A, 1992 – III Curso Internacional de Postgrado en Carreteras – Alcantarillas

Tiempo de Recurrencia de 50 años.

TR = 50 años

## 8.4. Parámetros necesarios para determinar caudal de diseño

### 8.4.1 introducción

Una vez analizados los antecedentes y considerando la información relevante recopilada acerca de la cuenca y las infraestructuras existentes, se procede a desarrollar el capítulo hidrológico.

Para determinar el caudal de diseño que atravesará las obras de artes como alcantarillas, puentes o drenajes de la Ruta Provincial N°6, es necesario analizar varios parámetros hidrológicos que permitan caracterizar las condiciones de escurrimiento y la magnitud de las crecidas en la zona.

Esta ruta está ubicada dentro de la región hídrica central y atraviesa dos cuencas o subcuencas dentro del mismo sistema, una es la cuenca de "los esteros del Batel y Batelito" y la otra es la cuenca del "rio Santa Lucia".

En el siguiente mapa extraído del mapa de recursos hídricos de la provincia de corrientes podemos observar el tramo en cuestión.

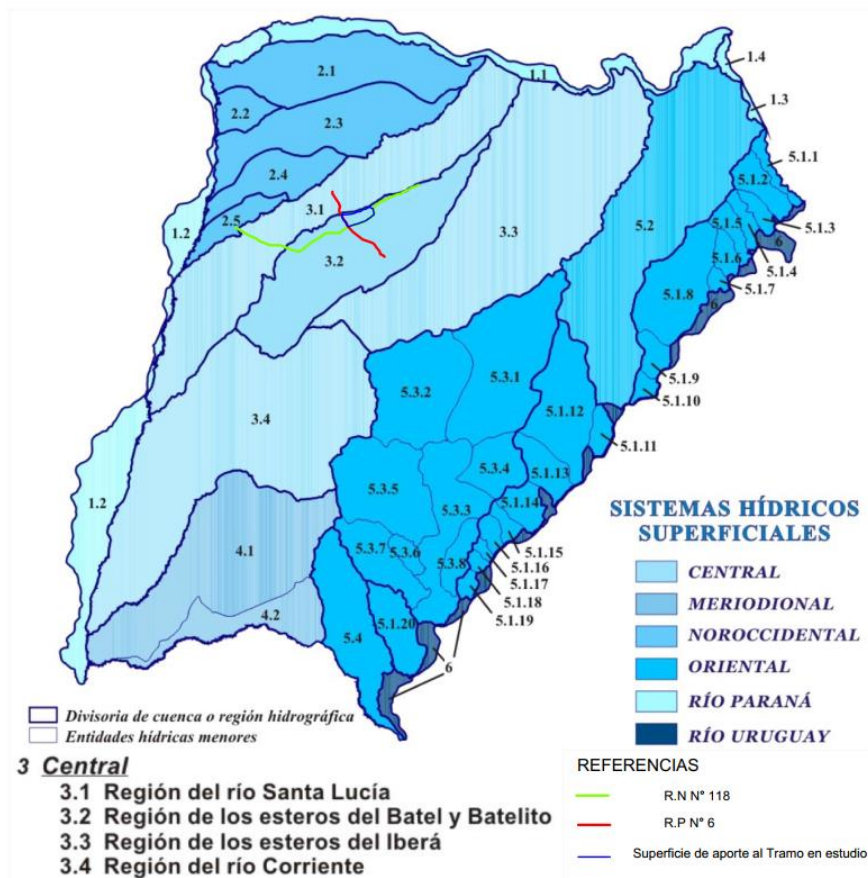
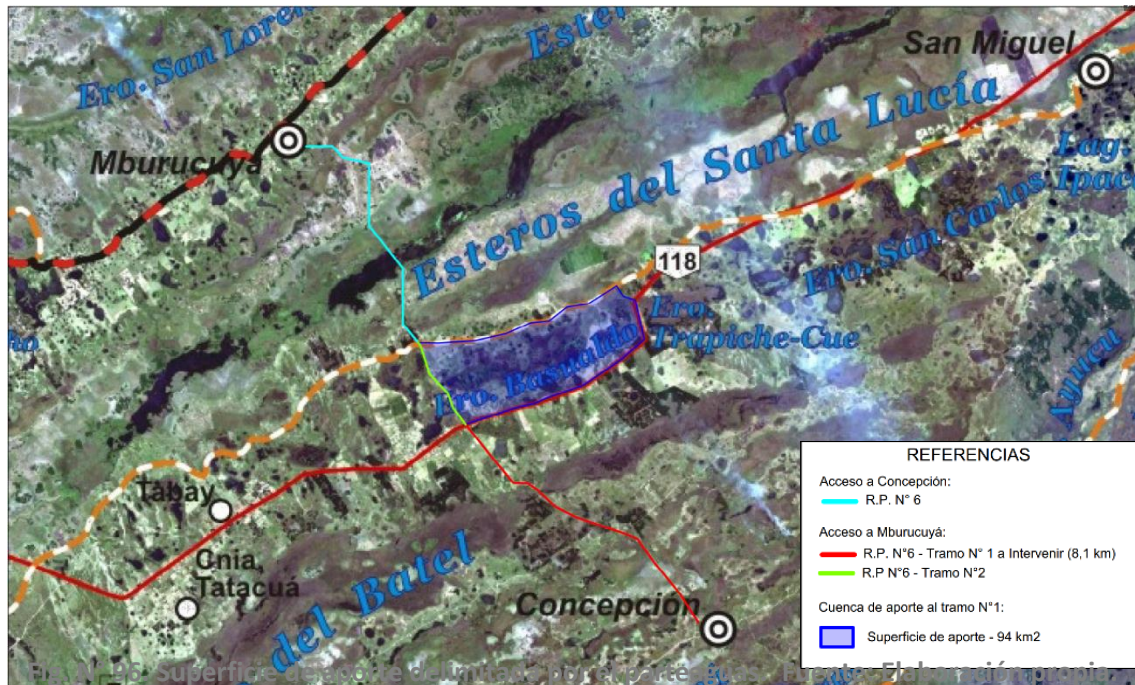


Fig. N°95. Mapa de Regiones Hídricas Superficiales – Provincia de Corrientes – Fuente: Elaboración propia.





Con la ayuda del mapa de recursos hídricos de la provincia se realizó el trazado de la superficie de aporte delimitada por el parteaguas propio de la cuenca, la R.P N°6 hacia el oeste y hacia el sur la R.N N°118, luego este trazado se realizó en Google Earth para poder determinar la superficie de aporte.



Superficie de aporte subcuenca esteros Batel y Batelito – Provincia de Corrientes – Fuente: Elaboración propia.  
A continuación, se destacan los parámetros fundamentales para el dimensionamiento de las obras.

## 8.5. Características de la Cuenca de los Esteros del Batel y Batelito

### Tipo de Cuenca:

La cuenca se podría clasificar como una cuenca de tipo cerrado o endorreica. Esto significa que en su área de drenaje no hay una salida directa al mar o a un cuerpo de agua externo. En cambio, el agua se acumula en las áreas más bajas de la cuenca, formando humedales o cuerpos de agua temporales, como los propios esteros.

### Sistema de Drenaje:

La cuenca está alimentada por una red de canales, arroyos y cursos de agua temporales que drenan en estos esteros. Debido a la presencia de lagunas y humedales, el drenaje es lento y puede tener una dinámica más estacional, con variaciones importantes en su nivel de agua en función de las precipitaciones.



A su vez la R.P N°6 se encuentra ubicada sobre los límites entre cuencas, recorriendo un parte aguas y atravesando algunas microcuencas que manejan el escurrimiento de un lado a otro de la ruta, esto se puede observar en el plano de hidrodinámica confeccionado a partir de una carta de geomorfología de la zona, provista por el ICAA (Instituto Correntino del Agua y del Ambiente) (Ver plano N°25 del anexo)

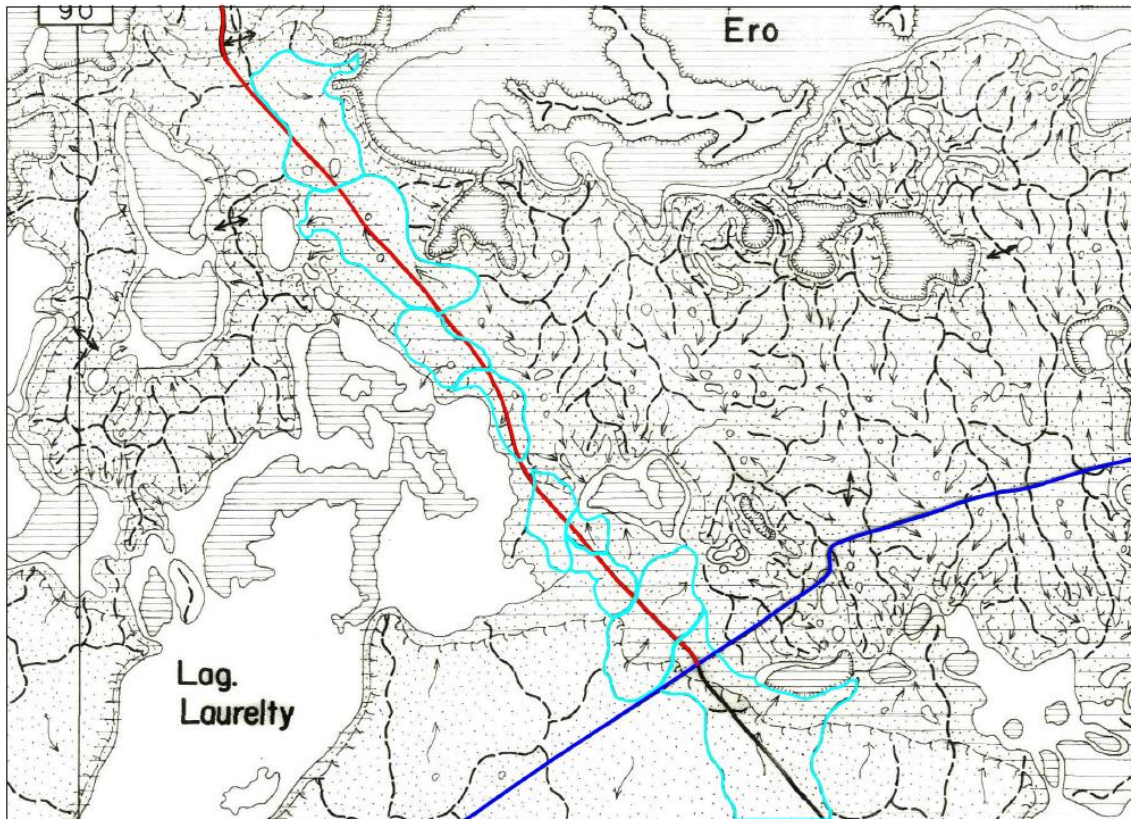


Fig. N°97. Hidrodinámica de la zona. Fuente: Elaboración propia utilizando carta Geomorfológica (ICAA)

A su vez también se puede observar como el área de aporte de la subcuenca restante alimentan al estero Basualdo que en líneas generales actúa como un pulmón reteniendo el agua producto de las precipitaciones, y en donde su perfil de suelo del tipo arenoso permite la infiltración debido a su permeabilidad lo que recarga el estero en su sistema de redes cribadas, y va erogando el exceso lentamente hacia su frontera norte, aportando al sistema del rio Santa Lucia.

#### 8.5.1. Clima y Precipitación

La cuenca está ubicada en una región de clima templado subtropical, con precipitaciones distribuidas a lo largo del año. Los picos de precipitación se dan durante la temporada de lluvias (primavera y verano), lo que puede generar un aumento temporal de los caudales de los arroyos que alimentan los esteros, contribuyendo a la cuenca.

La precipitación media anual sobre la cuenca es de 1500mm. Ver anexo plano N° 14 (mapa de isohietas)





### 8.5.2. Área de la cuenca

Según información de estudios regionales y cartografía de la zona, la superficie hidrográfica de la cuenca del Batel tiene una superficie de 1130 km<sup>2</sup>, y su cuenca de aporte de 3545km<sup>2</sup>, la cuenca del Batelito cuenca con una cuenca hidrográfica de 3360km<sup>2</sup> de superficie, mientras que su cuenca de aporte es de 2025km<sup>2</sup>.

El área de la subcuenca en estudio se encuentra geográficamente delimitada por importantes referencias viales y naturales. Al sur, su límite está marcado por la traza de la Ruta Nacional N° 118, que atraviesa la región en dirección este-oeste, definiendo el borde sur del área de drenaje. Al oeste, la subcuenca queda delimitada por la Ruta Provincial N° 6, que actúa como una frontera vial en el margen occidental. Por último, al norte, el límite se encuentra definido por el parteaguas de la cuenca del río Santa Lucía. El área total de la subcuenca en estudio abarca 94 km<sup>2</sup>.

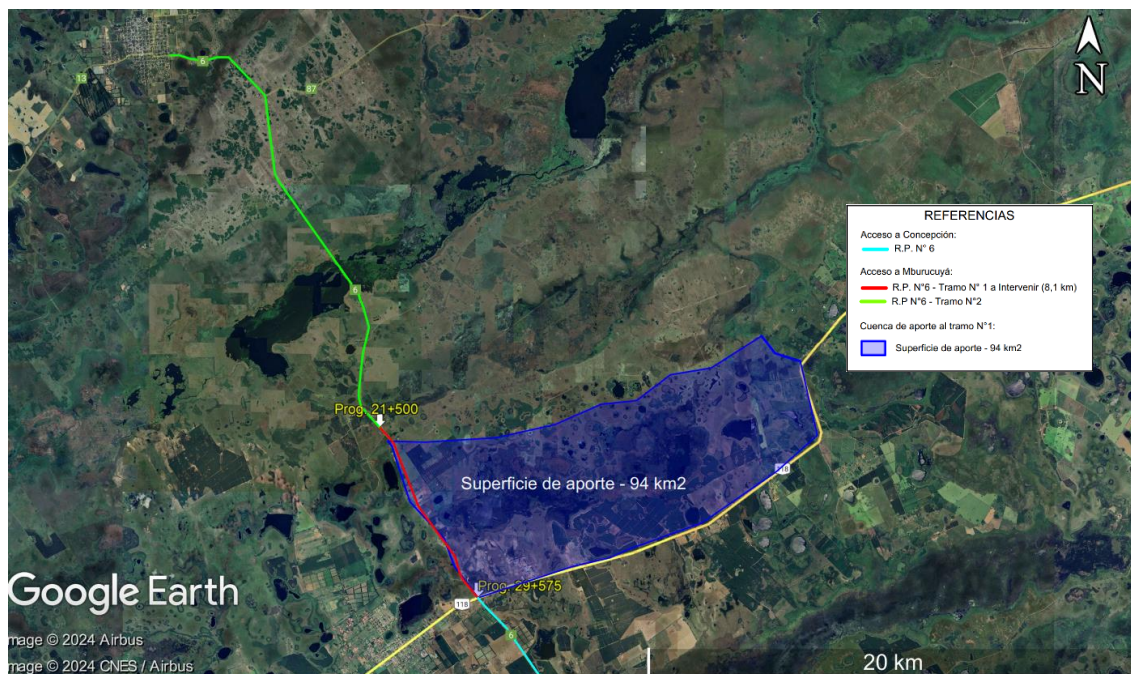


Fig. N°98. Delimitación de la subcuenca de aporte – Fuente: Elaboración propia con imagen de Google Earth

### 8.5.3. Forma de la cuenca

La morfología de la cuenca es esencial para determinar el tiempo de concentración y la rapidez con que las aguas llegan a las obras de arte. En cuencas alargadas, el tiempo de concentración puede ser mayor que en cuencas redondeadas.

La cuenca tiene una forma irregular y alargada, con una extensión que sigue en general la dirección del curso de los ríos cercanos, como el río Paraná. Su forma puede estar influenciada por los antiguos meandros y los procesos de erosión y sedimentación en la llanura de inundación. Esta forma permite una expansión del sistema de esteros y humedales en función de las crecidas del río Paraná y las precipitaciones.



#### 8.5.4. Uso del suelo

El tipo de cobertura del suelo (urbano, agrícola, natural) influye en los coeficientes de escurrimiento. Las áreas urbanizadas o deforestadas generan más escurrimiento superficial, mientras que las áreas naturales tienen mayor infiltración.

#### 8.5.5. Suelos de la Cuenca en Estudio

La subcuenca en estudio se encuentra en una región con una topografía plana propia de llanuras de inundación, influenciada por la cercanía de cuerpos de agua como los ríos y esteros. Los suelos de la región están sujetos a procesos de sedimentación y humedales, lo que determina la predominancia de ciertos tipos de suelos.

- **Suelos Aluviales:** Predominan en la cuenca y son formados por sedimentos depositados por ríos y inundaciones. Su textura varía entre arenosa, limosa y arcillosa, predominando los suelos arenosos. Son fértiles, tienen buena capacidad de retención de agua, y favorecen la vegetación en la cuenca.
- **Suelos Hidromórficos:** Se encuentran en zonas bajas y húmedas, como humedales y esteros, con saturación prolongada de agua. Son ricos en materia orgánica y tienen baja oxigenación, lo que limita la actividad biológica y promueve la acumulación de materia orgánica parcialmente descompuesta.
- **Suelos de Pastizales:** Presentes en áreas de vegetación herbácea o pastizales, son fértiles y tienen una estructura granular que favorece la retención de agua y el crecimiento de vegetación acuática y semiacuática.

### Propiedades Generales del Suelo

Los suelos de la cuenca tienen una textura variable, desde arenosos en zonas altas hasta limosos y arcillosos en zonas bajas. Tienen buena capacidad de retención de agua, lo que favorece la formación de humedales y esteros, y son fértiles, lo que favorece la vegetación y los ecosistemas acuáticos.

Las zonas más altas, con suelos arenosos, son aptas para la agricultura, mientras que las zonas de humedales, con suelos más arcillosos y saturados, se destinan a la preservación ecológica y la protección de la biodiversidad.

En resumen, los suelos de la subcuenca en estudio son predominantemente aluviales, con una predominancia de suelos arenosos lo que facilita la infiltración debido a su permeabilidad.

#### 8.5.6 Precipitaciones

Los eventos de precipitación extrema registrados en abril de 1998, asociados con el fenómeno climático de "El Niño", tuvieron un impacto significativo en el comportamiento hidrológico de la cuenca del Batel y Batelito.

Durante este período, las lluvias acumuladas, que alcanzaron valores cercanos a la Precipitación Máxima Probable para un período de retorno de 500 años (ver tabla N°), produjeron una acumulación considerable de agua en diversas zonas de la cuenca, especialmente



en las depresiones naturales, como el Estero Basualdo, que actúan como áreas de almacenamiento temporal de agua.

En una imagen satelital proporcionada por el Ingeniero en Recursos Hídricos, Hugo Rohrmann, se puede observar claramente cómo, tras las intensas precipitaciones de abril de 1998, el sistema de la cuenca se comporta como un "pulmón" natural, acumulando agua en las depresiones y humedales.

Este fenómeno es una característica importante de la cuenca, que permite la retención temporal del agua antes de que esta sea liberada de forma gradual hacia los cauces principales.



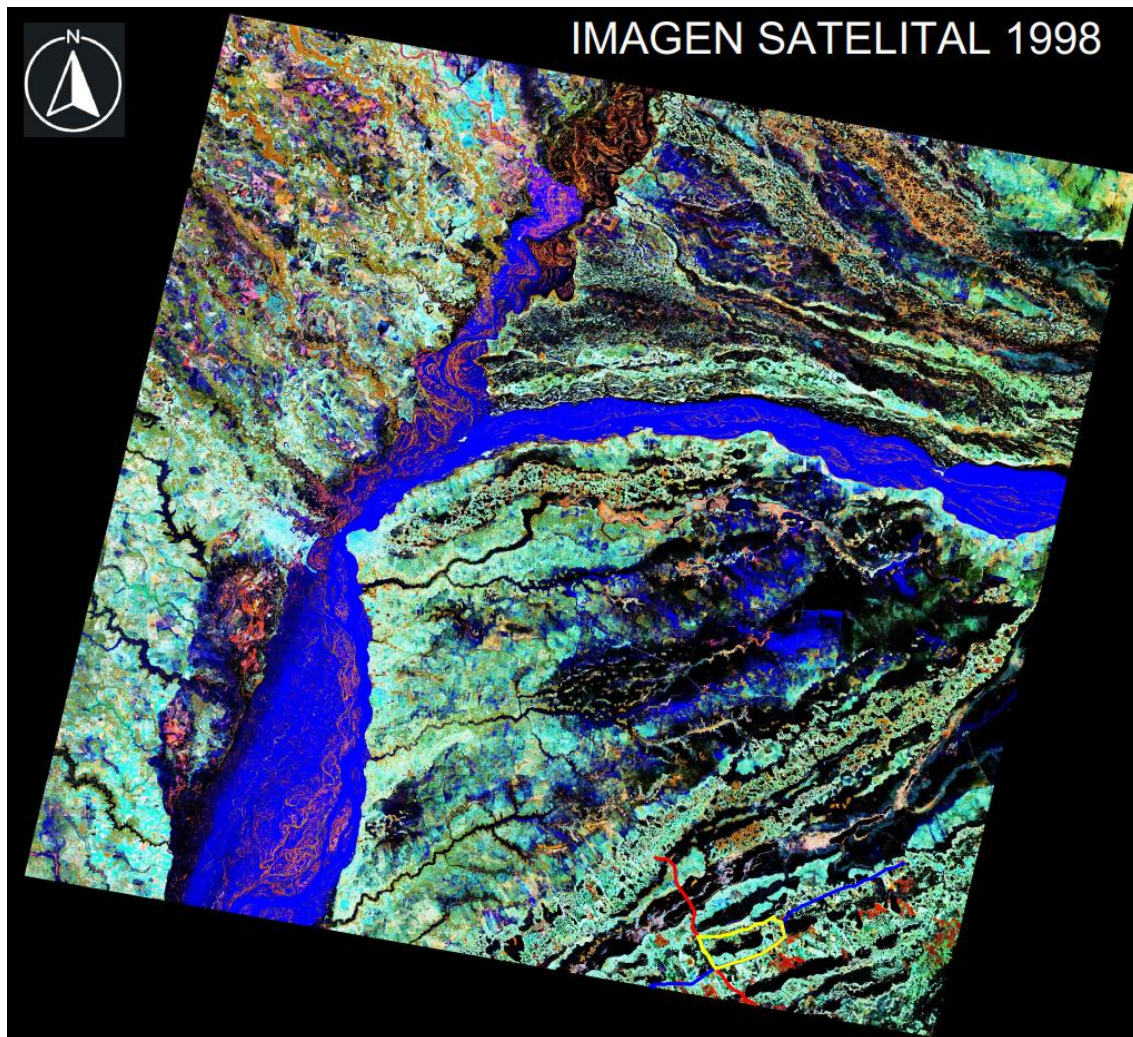


Fig. N°99. Imagen satelital año 1998 – Fuente: Elaboración propia

A pesar de la considerable acumulación de agua en la región, la R.P. N°6 no muestra signos de inundaciones directas ni cruces de agua sobre la carretera. Esto sugiere que, durante eventos de lluvias intensas, el sistema de drenaje natural de la cuenca es capaz de gestionar grandes volúmenes de agua sin que se vea comprometida la infraestructura vial en la zona, al menos en lo que respecta al cruce directo de agua sobre la ruta.

En la siguiente tabla en donde se puede observar los datos de precipitación del evento en el mes de abril de 1998, dando como resultado un total acumulado de 363mm en 5 días.

Precipitaciones diarias(mm)- mes de abril Año 1998							
Localidad	13/4/1998	14/4/1998	15/4/1998	16/4/1998	17/4/1998	Suma	Fuente
Concepcion	176	85	64	21	17	363	Red Hidrologica Nacional

Tabla N°53. Datos de Precipitación diarias del 13 al 14 de abril de 1998 – Fuente: Elaboración propia



Se presenta los datos antecedentes en los meses de enero, febrero y marzo del año 1998, lo que nos indica el estado de la cuenca respecto a la humedad previa al evento de abril.

Humedad antecedente			
mes	ene-98	feb-98	mar-98
Precipitacion total Mensual (mm)	239,0	317,0	367,5

Tabla N°54. Datos de Precipitación antecedente al mes de abril 1998 – Fuente:  
 Elaboración propia

En la siguiente tabla podemos observar la precipitacion anual para el año hidrológico 1997-1998, el cual nos indica que este año se clasifica como humedo o extraordinario respecto del promedio anual de precipitacion.

	Precipitacion anual - Periodo 1997 - 1998													
Localidad	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	Suma	Fuente
Concepcion	105	304	61	279	239	317	367,5	708	0	124	37,5	86	2628	Red Hidrologica Nacional

Tabla N°55. Precipitación anual periodo 1997-1998 – Fuente:  
 Elaboración propia.

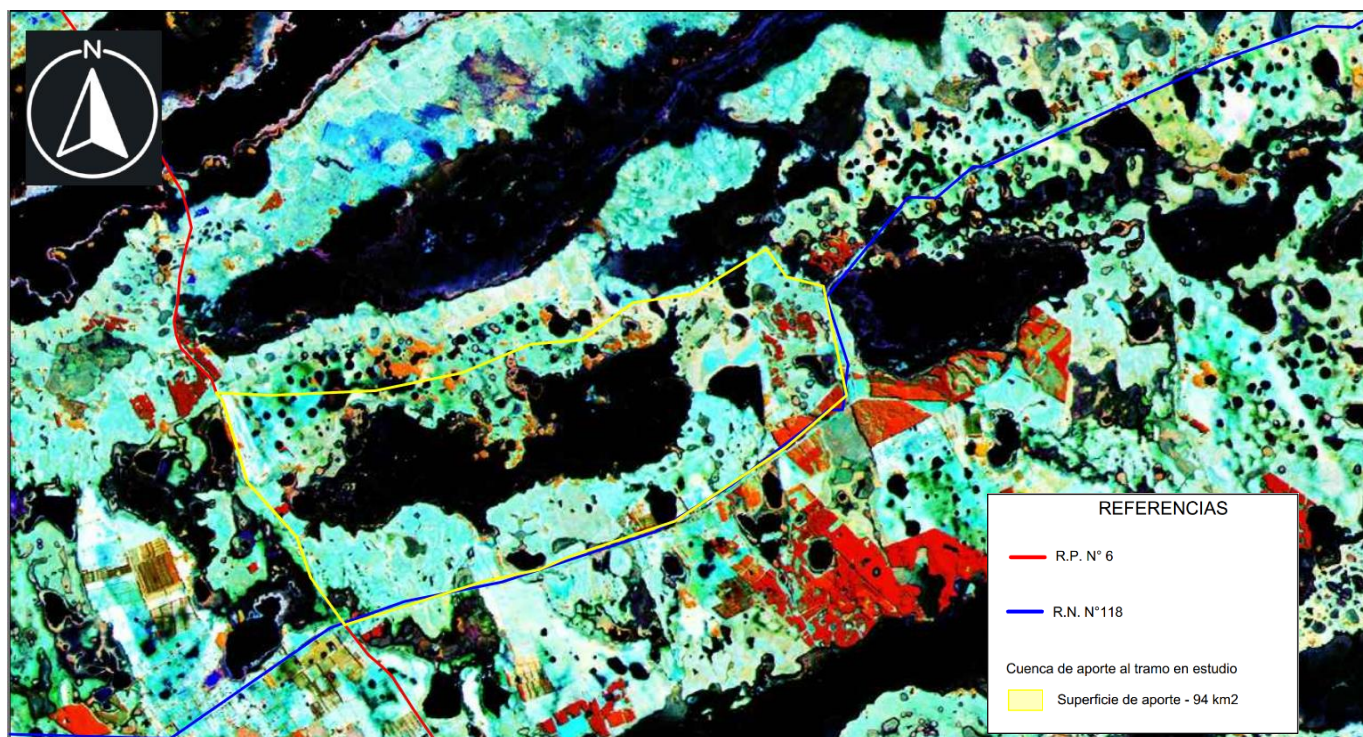
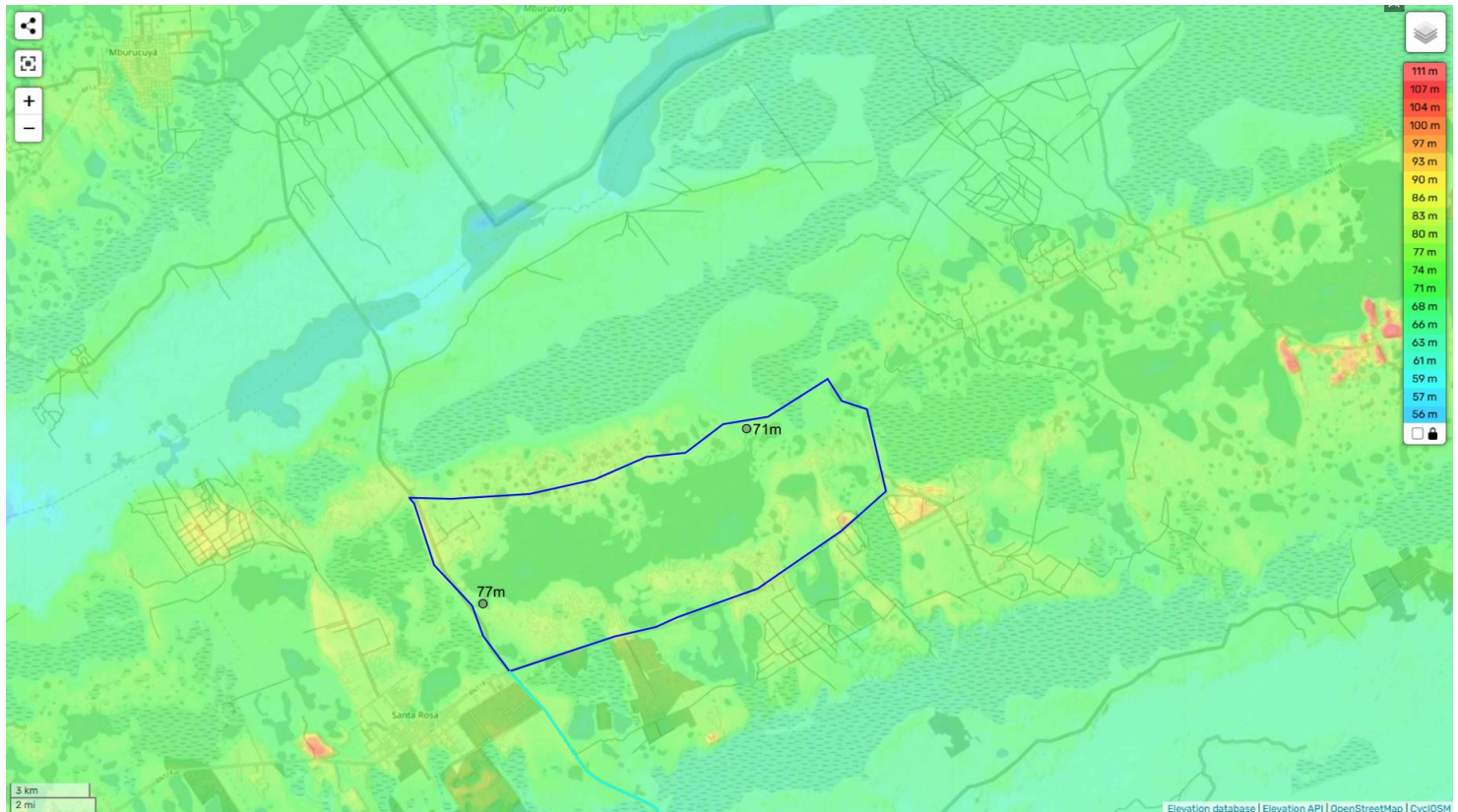


Fig. N°100. Superficie de aporte con las rutas como parte aguas en el periodo 1997 a 1998.  
 Fuente: Elaboración propia.



La fotointerpretación de la imagen satelital también revela que, conforme aumenta el nivel de agua en las depresiones y humedales, el sistema comienza a drenar de manera progresiva. Un fenómeno notable que se observa es el trasvase de aguas hacia el norte, hacia el límite con la cuenca del río Santa Lucía.

Este comportamiento indica que, cuando el sistema de la subcuenca de Batel y Batelito, más precisamente el estero Basualdo, alcanza su capacidad máxima de almacenamiento, el exceso de agua se deriva hacia la cuenca vecina del río Santa Lucía, que presenta un cauce más definido y, por lo tanto, una mayor capacidad de evacuación de aguas.



**Fig. N°101. Mapa topográfico de la subcuenca – Elaboración propia. Fuente: Topographic-map.com**

Este proceso de drenaje hacia la cuenca del río Santa Lucía es un mecanismo natural de regulación hídrica, que permite evitar inundaciones extremas en la cuenca Batel y Batelito. Así, el sistema funciona como un reservorio de agua en períodos de exceso hídrico, y a medida que las precipitaciones disminuyen o el nivel de agua aumenta, el drenaje hacia el río Santa Lucía actúa como una válvula de escape, transfiriendo el exceso de agua hacia un sistema más amplio y con mayor capacidad de evacuación.

Este comportamiento hidrológico es clave para comprender cómo la cuenca del Batel y Batelito maneja eventos climáticos extremos y cómo su interacción con el entorno circundante, en particular con la cuenca del río Santa Lucía, ayuda a mitigar los efectos de las precipitaciones extremas, como las registradas en abril de 1998, sin comprometer gravemente la infraestructura vial ni la estabilidad de los ecosistemas locales en el tramo en estudio.





A continuación, se presentan otras imágenes satelitales correspondiente a los años 2010 y 2016 en donde la precipitación anual estuvo por encima del promedio anual (años hidrológicos húmedos o extraordinarios)

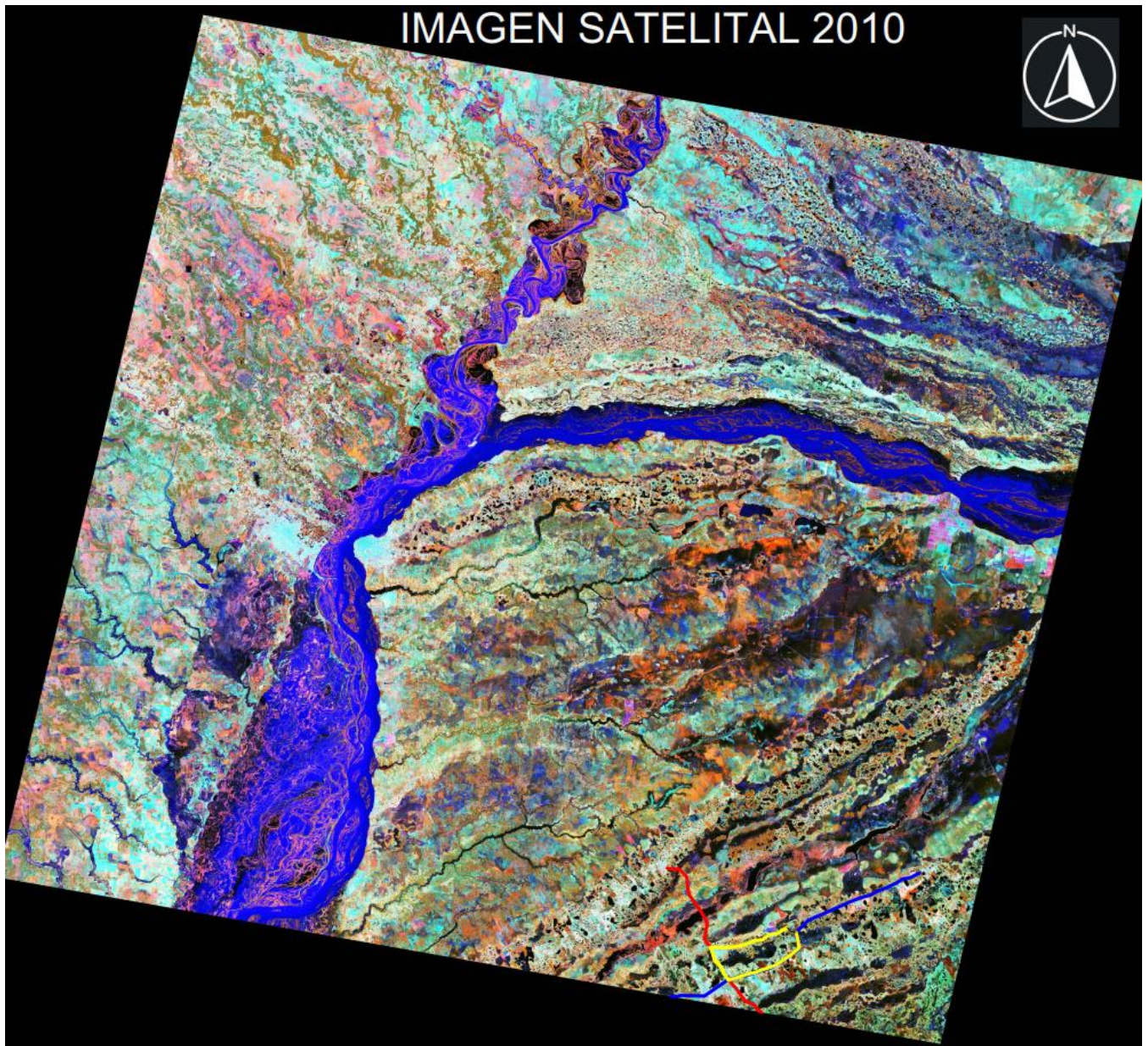
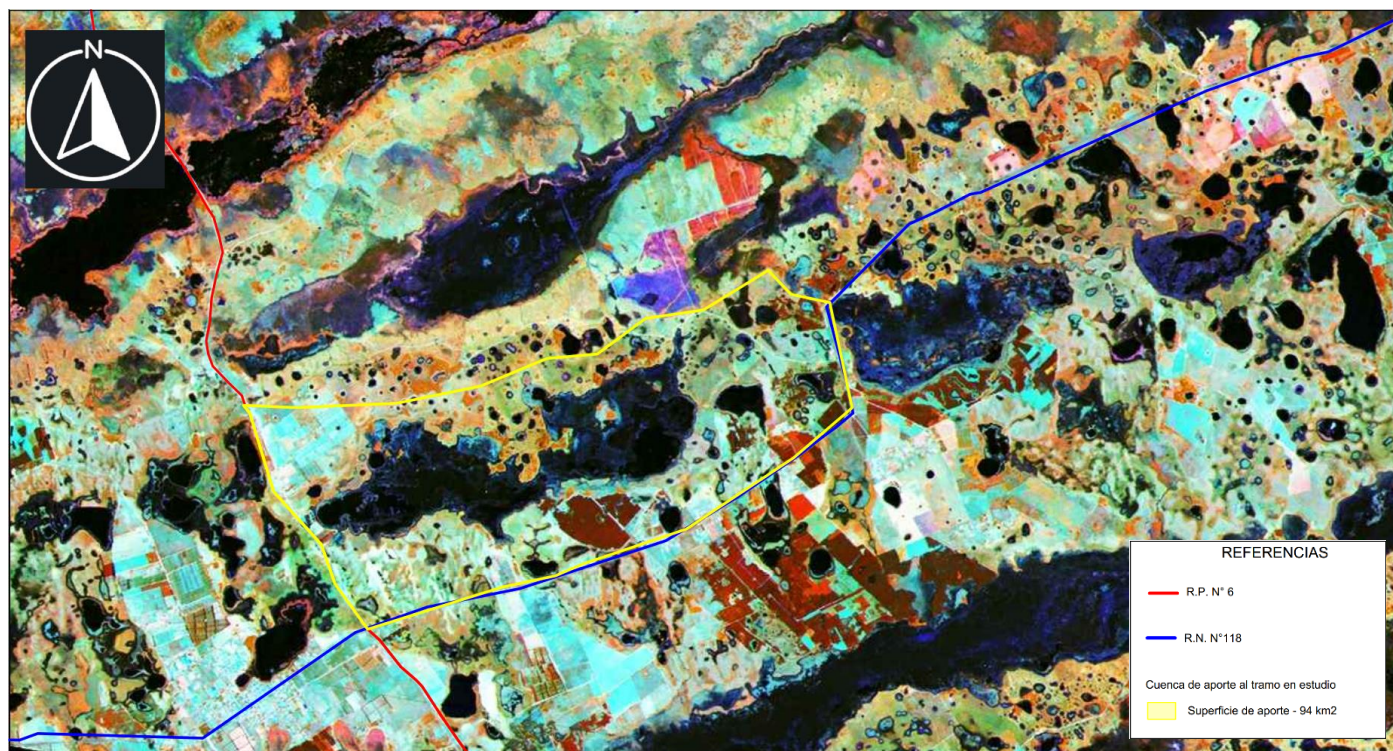


Fig. N°102. Imagen satelital año 2010 – Fuente:  
Elaboración propia





Precipitación anual - Período 2009 - 2010															
Localidad	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	Suma	Fuente	
Concepcion	36	77	478	91	286	220	172	145	202	22	130	10	1869	Red Hidrológica Nacional	

Tabla N°56. Precipitación anual periodo 2009 a 2010. – Fuente: Elaboración propia.

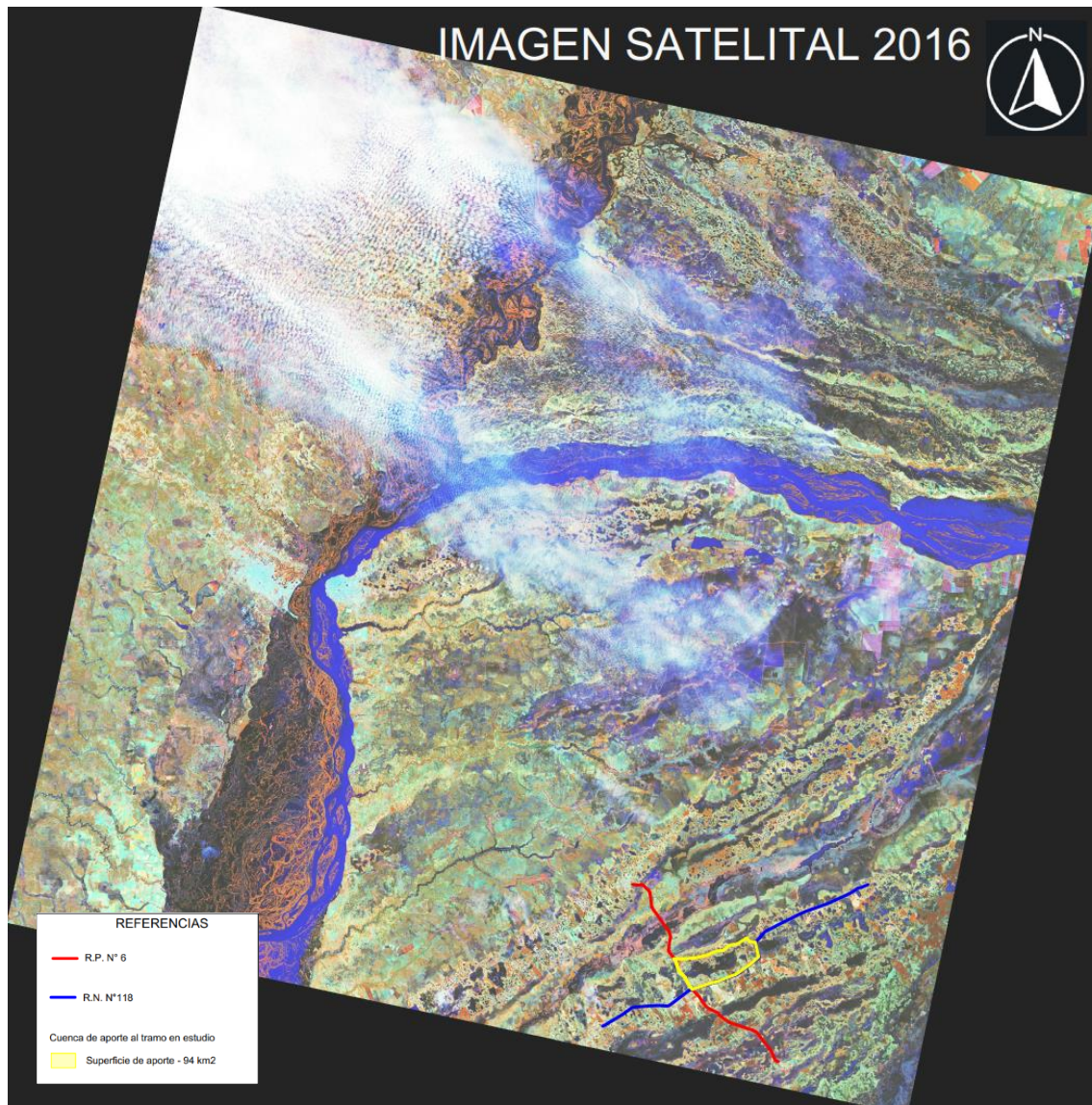


Fig. N°104. Imagen satelital año 2016 – Fuente:  
Elaboración propia



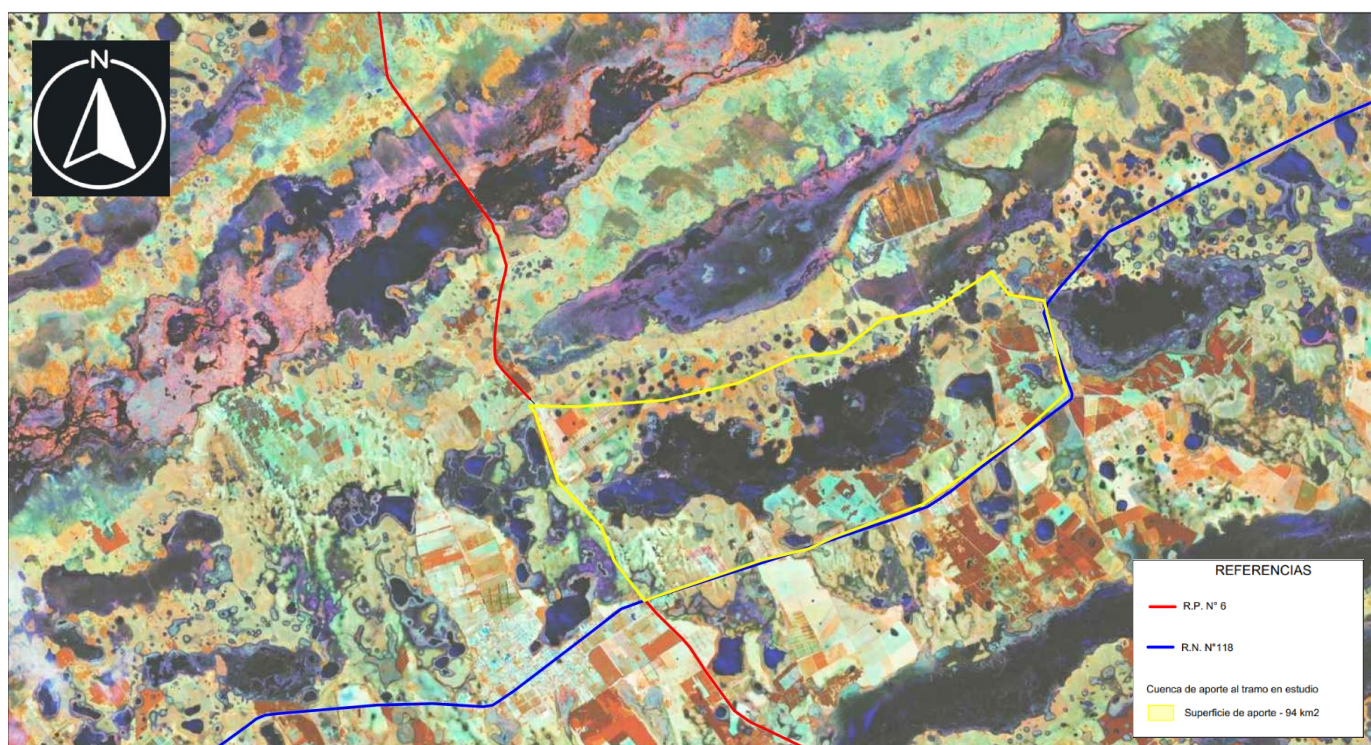


Fig. N° 105. Imagen satelital el año 2016. Fuente: Elaboración propia

Localidad	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	Suma	Fuente
Concepcion	18	437	367	433	142	63	105	338	74	306	139	61	2483	Red Hidrológica Nacional

Tabla N°57. Datos de Precipitación durante el periodo 2015 a 2016.

Fuente: Elaboración propia

#### 8.5.7. Datos pluviométricos:

La precipitación histórica en la zona, con especial atención a la estación meteorológica de Concepción, es esencial para estimar las crecientes. Las series de datos históricos de precipitaciones deben ser representativas de la cuenca. La estación de Concepción puede servir de referencia debido a su cercanía y las isohietas que muestran que la precipitación en el tramo de la ruta no difiere significativamente de la registrada en dicha estación.

La provincia de Corrientes se caracteriza por un clima templado subtropical sin estación seca, la subcuenca en estudio, al estar ubicada dentro de esta región, también presenta una distribución de precipitaciones que sigue estos patrones.

#### Datos de Precipitación de la Estación Concepción

La Estación Meteorológica Concepción registra datos relevantes para el área de estudio ya que está bajo la influencia de las isohietas de la provincia y es un punto de referencia para las precipitaciones en la región central.





Fig. N° 106. Ubicación Estación pluviométrica Concepción – Fuente:  
 Elaboración propia.

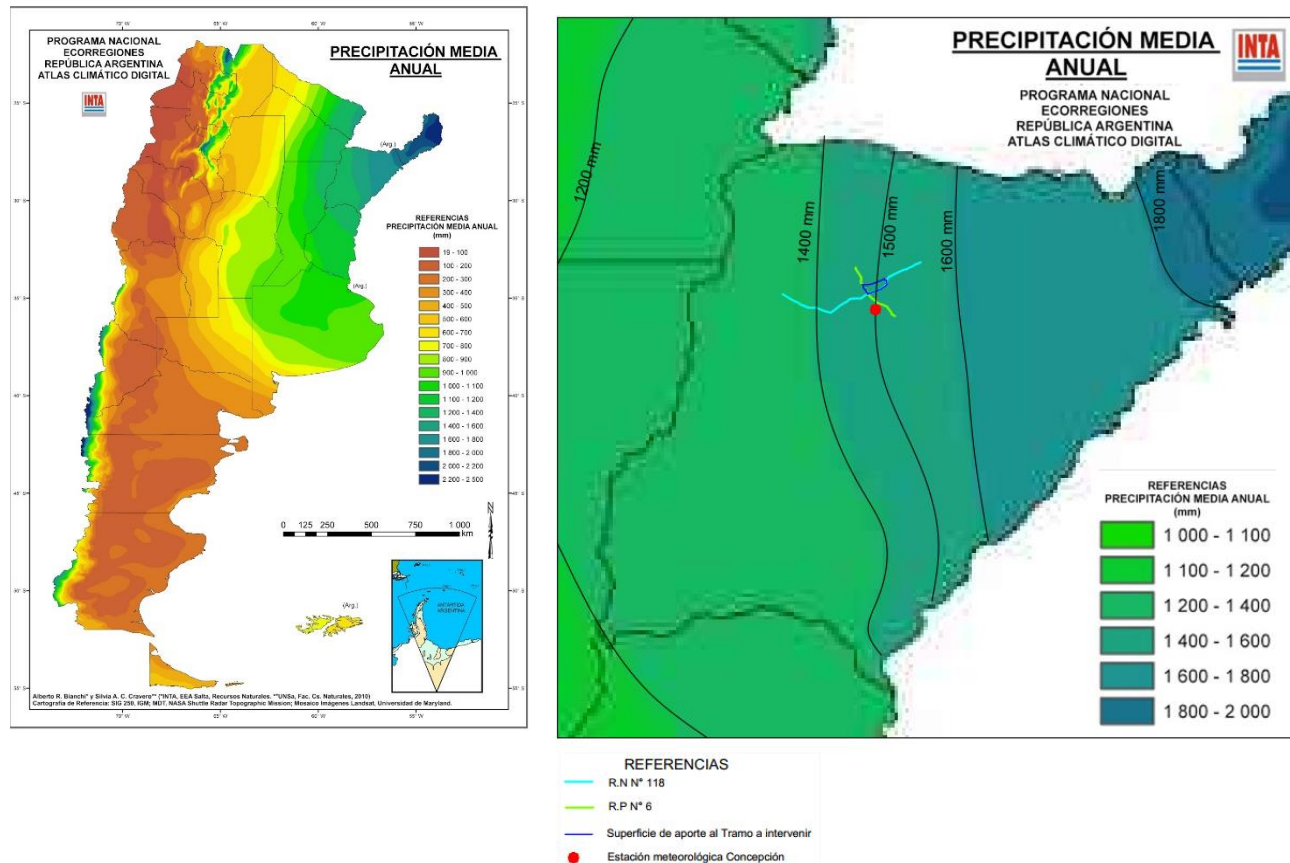


Fig. N°107. Mapa de isohietas – Provincia de Corrientes – Fuente: Elaboración propia  
 utilizando mapa provisto por INTA



## **Isohietas en la Provincia de Corrientes**

Las isohietas en la provincia de Corrientes son líneas que indican áreas con igual cantidad de precipitación anual, y estas ayudan a entender la variabilidad espacial de la lluvia dentro de la provincia.

La influencia de las isohietas en la subcuenca en estudio implica que las precipitaciones tienden a ser moderadas a altas en el verano, debido a la interacción de la región con el aire cálido y húmedo proveniente del océano Atlántico, que favorece las precipitaciones convectivas.

Las lluvias se concentran principalmente en los meses de diciembre a marzo, y durante esta época es cuando se producen las crecidas más significativas en los esteros y cuerpos de agua de la cuenca.

Durante los meses de mayo a agosto, la región experimenta una disminución significativa de la precipitación.

### **Promedio de precipitación anual**

La precipitación media anual en la zona de la subcuenca es de 1500mm. Este promedio varía anualmente debido a fenómenos como el Fenómeno de El Niño y La Niña, que afectan los patrones de lluvias en la región del Litoral.

### **Influencia de las Precipitaciones en la Dinámica de la Cuenca**

La distribución de las precipitaciones influye directamente en la dinámica hidrológica de la subcuenca:

En épocas de lluvia intensa (verano), las precipitaciones afectan el caudal de los ríos y arroyos que alimentan los esteros, contribuyendo a las crecidas estacionales y la expansión de los humedales.

En épocas de invierno, las precipitaciones son escasas y la capacidad de infiltración de los suelos y la evaporación aumentan, lo que provoca una disminución de los niveles de agua en los esteros y una reducción del área inundada.

En resumen, la Estación Meteorológica Concepción es representativa de la región central de la provincia de Corrientes y proporciona datos clave sobre las precipitaciones anuales y estacionales en la cuenca en estudio. Con un promedio anual de precipitación de 1500 mm, la subcuenca experimenta altas precipitaciones en verano, lo que impacta en el régimen de inundación de los esteros y la dinámica de los cuerpos de agua.

## **8.6. Cálculo de los Tiempos de Concentración**

El tiempo de concentración ( $T_c$ ) es un parámetro hidrológico crucial que indica el tiempo que tarda el agua en recorrer desde el punto más alejado de una cuenca hasta el punto de salida, es decir, hasta el cauce principal de la cuenca o punto de monitoreo de escorrentía. Este parámetro depende de las características geométricas de la cuenca, como su tamaño, pendiente, uso del suelo, tipo de vegetación, entre otros.



Para el análisis hidrológico de la zona de estudio, se calcularán dos tiempos de concentración diferenciados:

1. **Tiempo de concentración de la subcuenca de estudio:** Este cálculo corresponde a la subcuenca principal, que abarca una superficie de 94 km<sup>2</sup>.
2. **Tiempo de concentración para un grupo de microcuencas aportantes a las obras de arte:** Se determinará un tiempo de concentración para un grupo de microcuencas que aportan a las obras de arte del tramo para verificar los caudales de aporte que fueron calculados en el anteproyecto existente por parte de DPV.

#### 1. Método de la Fórmula de Federal Aviation Agency (1970)

Una de las fórmulas empíricas para estimar el tiempo de concentración es la fórmula de la FAA, que se utiliza ampliamente para cuencas pequeñas a medianas, del tipo rural con baja pendiente, la fórmula es la siguiente:

$$T_c = 22,73 \times (1,1 - C) \times L^{0,5} \times S^{-0,33}$$

Donde:

- **T<sub>c</sub>** = Tiempo de concentración en minutos.
- **L** = Longitud del tramo más largo de la cuenca en km (desde el punto más lejano hasta el cauce principal).
- **C** = Coeficiente de escorrentía.
- **S** = es la pendiente existente entre el punto más alto y el punto de estudio, en metros.

#### Parámetros Necesarios

- **Longitud del tramo más largo (L):** Este valor depende de la forma de la cuenca, teniendo en cuenta la topografía de la zona y el trasvase hacia la cuenca del río Santa Lucía en la frontera norte, adoptamos una distancia de 13km.

$$L = 13 \text{ km}$$

- **Pendiente (S)** = teniendo en cuenta el mapa topográfico de la zona, tomando como referencia el trasvase hacia la frontera norte con la cuenca del río Santa Lucía en donde en su punto más alto cercano a la traza de la R.P N° 6 es de 77msnm y en la zona donde se observa que existe transvase hacia la otra cuenca presenta una altura de 71msnm, y una longitud existente entre ambos puntos de 13km, podemos calcular la pendiente S.

$$S = (77-71)/13000 = 0,00046 \text{ m/m}$$

- **Coeficiente de escorrentía (C)**



El coeficiente de escorrentía depende de varios factores como la cobertura del suelo, la pendiente, y el tipo de vegetación.

Este coeficiente se utilizará para determinar la fracción de la precipitación que se convierte en escurrimiento superficial y que afectará el caudal de las crecidas.

Se presenta a continuación el mapa de tipo de suelo de la zona, y sus características predominantes.

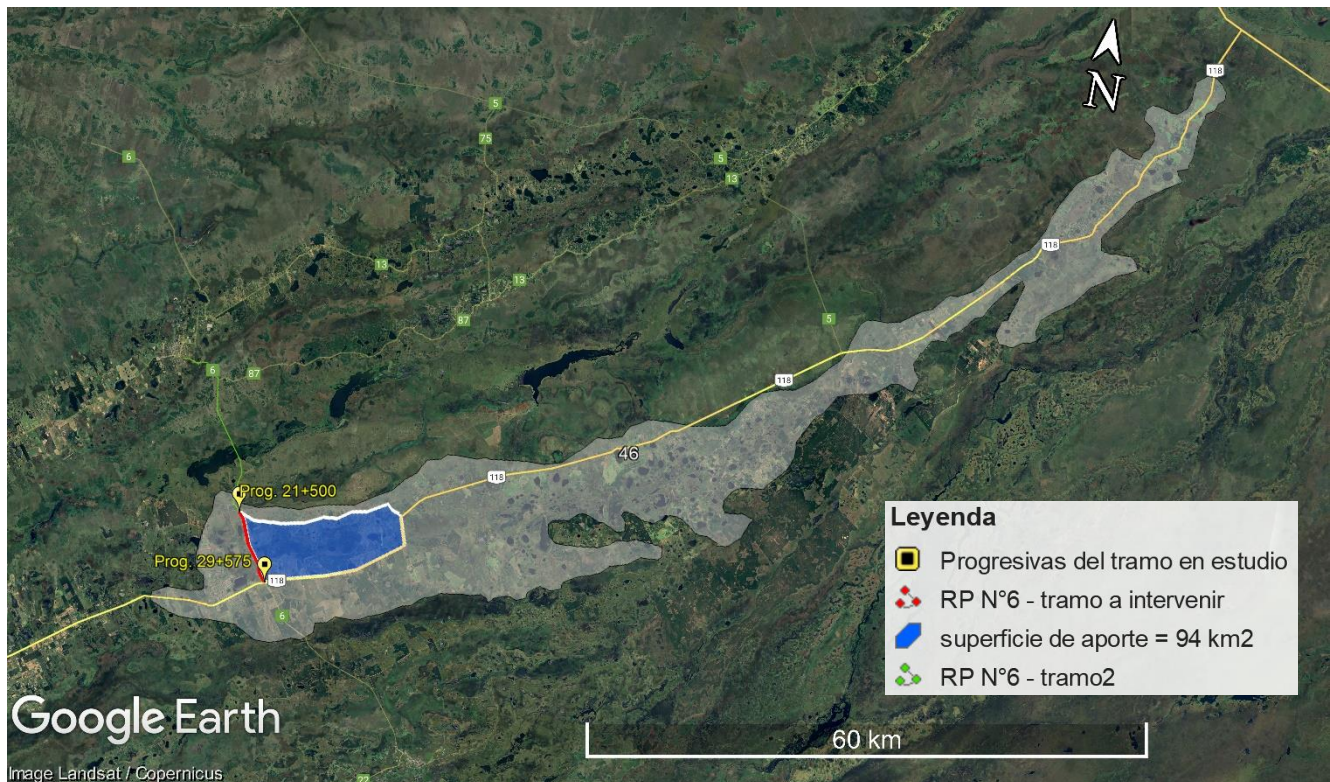


Fig. N°108. Carta 46 de tipo de suelos – Provincia de Corrientes – Fuente: Elaboración propia con información de INTA

**Limitantes:** Susceptibilidad a la erosión eólica e hídrica; baja fertilidad y drenaje deficiente.

**Paisaje:** Planicie con lomadas o cordones arenosos suavemente ondulados, disectada por caños de drenaje, lagunas y esteros, sobre praderas de pastos cortos y pajonales de paja colorada, muy modificada por la agricultura y la cría de ganado bovino.

Los factores que influyen sobre el coeficiente de escorrentía son la cobertura del suelo, la pendiente del terreno, tipo de vegetación, tipo de suelo y permeabilidad.

teniendo en cuenta la descripción del perfil de suelos (lomadas arenosas) en donde existe una predominancia de los suelos tipos arenosos (ver plano N°26 del anexo), y tomando el dato del coeficiente de escurrimiento del estudio de la cuenca del batel y batelito extraído del





documento "CUENCAS HIDRICAS PROVINCIA DE CORRIENTES" brindado por el ICAA, adoptamos dicho valor como representativo de la subcuenca en estudio.

$$C = 0,14$$

Procedemos a calcular el tiempo de concentración para la subcuenca

Longitud= 13 km

S = 0,00046 m/m

C= 0,14

$$T_c = 993,4 \text{ min} = 16,6 \text{ hs}$$

De acuerdo con este cálculo, el tiempo de concentración ( $T_c$ ) para la subcuenca en estudio es de 16,6 horas.

En cuencas con características más complejas (como zonas de alta pendiente o cambios significativos en el uso del suelo), podrían utilizarse otros métodos más detallados, como el método de la fórmula de SCS (Soil Conservation Service) o el método de la curva del tiempo de concentración en función de los tipos de cobertura del suelo.

## 2. Cálculo de TC para grupo de microcuencas del grupo 3 (correspondiente a la alcantarilla N°39 y 40)

Para el cálculo del tiempo de concentración aplicamos la fórmula de Kirpich ya que el tamaño del área es pequeño y se asemeja a una cuenca urbana.

$$T_c = (3.989 \times L^{0.77} \times S^{-0.385})$$

L= Longitud= 1,722km

S= pendiente= 0,00046 m/m

$$T_c = 93 \text{ minutos} = 1,55 \text{ horas.}$$

## 8.7. Cálculo de caudal a partir del método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS)

Es un método utilizado para calcular la esorrentía de una cuenca a partir de la precipitación total, la condición del suelo y el uso del suelo.

Se procede a verificar el caudal de aporte del grupo 3 de microcuencas, que cuyo dato antecedente es de 2,82 m<sup>3</sup>/seg (fuente: DPV).

La fórmula más común utilizada en el método SCS se basa en el número de curva (CN), que depende de factores como el tipo de suelo, la cobertura vegetal, la pendiente, y la condición del suelo.

Primero se calcula el almacenamiento de la microcuenca S.

S = Máxima capacidad de retención de agua en la cuenca excluyendo la.



S=25400/CN – 254

El valor de CN se obtiene prácticamente con los siguientes factores: a) Condiciones de humedad antecedente. b) Uso de la tierra. c) Condiciones hidrológicas de los suelos.

Se procedió a calcular el CNII mediante imágenes satelitales actuales para poder estimar las condiciones actuales del uso de suelo.

Grupo de Microcuencas N°3				
Clase	Descripcion	Area km2	Area %	CN II Adoptado
1	Agua	0,0085	1,0	51
2	Monte - Forestal	0,1275	15,0	43
3	Areas Inundables	0,017	2,0	50
4	Cultivos	0,0425	5,0	63
5	Construcciones	0,0085	1,0	89
6	Suelo desnudo	0,0085	1,0	63
7	Pastos/arbustos	0,6375	75,0	50
		0,85	100,0	50

Tabla N°58. Determinación del CN. Fuente: Elaboración propia.

Luego de obtener el CNII=50, se procedió a transformarlo a la condición de humedad correspondiente a una clase III, es decir, un alto contenido de humedad en el suelo, condición en la cual se genera escorrentías mayores.

$$CN_{III} = \frac{23 CN_{II}}{10 + 0,13 CN_{II}}$$

CNIII= 69,7

Por lo tanto, se obtuvo S=110 mm.

Procedemos a determinar el valor de la precipitación total del evento de diseño, tomando un tiempo de recurrencia de 50 años, y extrapolando para un tiempo de duración de tormenta de 90 min, obtenemos un valor de P = 70mm. (ver tabla n°47).

Finalmente aplicamos la fórmula para determinar la escorrentía Q en mm

$$Q = \frac{(P - 0,2 \times S)^2}{(P + 0,8 \times S)} = 18 \text{ mm}$$

El hidrograma adimensional del SCS es un hidrograma unitario sintético en el cual el caudal se expresa por la relación del caudal q con respecto al caudal pico qp, y el tiempo por la relación tiempo t con respecto al tiempo del caudal pico tp. Dados el caudal pico y el tiempo de retardo para la duración de exceso de precipitación, el hidrograma unitario puede estimarse a partir del hidrograma sintético adimensional para la cuenca en estudio obtenido



utilizando los hidrogramas unitarios de una gran variedad de cuencas.

Los valores de  $q_p$  y  $t_p$  pueden estimarse utilizando un modelo simplificado de un hidrograma unitario triangular.

$$t_p = 0,7 \times t_c = 0,7 \times 1,55 \text{hs} = 1,085 \text{hs}$$

Con un área de la microcuenca de  $0,85 \text{km}^2$ , se calcula el caudal pico de la siguiente forma:

$$q_p = 0,208 \times A \times Q / t_p$$

$$q_p = (0,208 \times 0,85 \text{km}^2 \times 18 \text{mm}) / (1,085 \text{hs}) = 2,38 \text{ m}^3/\text{seg}$$

A este caudal se le incrementa un 10% teniendo en cuenta el aporte de las áreas vecinas a las obras de arte dentro de esta microcuenca.

$$q_p = 2,62 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

El resultado nos da un valor similar al caudal determinado en el anteproyecto existente por parte de DPV ( $2,82 \text{ m}^3/\text{seg}$ ), quedando abaladas las readecuaciones realizadas en todas las obras de arte sobre la traza.



## **8.8. Evaluación del Funcionamiento de las Obras de Arte en la Ruta Provincial N°6**

Finalmente, este estudio evaluará si las obras de arte existentes en la ruta tienen la capacidad de manejar los caudales de diseño que atraviesan la ruta en caso de lluvias intensas. Esto incluye un análisis de la capacidad hidráulica de las alcantarillas, puentes y otras estructuras.

En el contexto del proyecto, se realiza una evaluación detallada de las obras de arte existentes (principalmente alcantarillas) para determinar su adecuación y eficiencia en cuanto al escurrimiento de aguas y su capacidad para manejar los caudales generados por las precipitaciones.

### **8.8.1 Relevamiento de Alcantarillas y Estado de Conservación**

Se realizó un relevamiento geométrico de las alcantarillas existentes, evaluando sus dimensiones, condiciones de conservación y tipos de materiales. La mayoría de las alcantarillas actuales están hechas de caños de hormigón armado ( $H^\circ A^\circ$ ) y serán reemplazadas por otras de características adecuadas, como las alcantarillas tipo O- 41211 que cumplen con los requisitos de escurrimiento de la cuenca.

### **8.8.2 Objetivo del Proyecto**

El diseño de las nuevas obras de arte tiene como objetivo permitir el paso de los caudales generados por lluvias con una frecuencia de recurrencia de 50 años, sin que se produzcan sobrellevamientos importantes ni desbordes aguas arriba. Además, se busca que las velocidades de circulación del agua dentro de las alcantarillas sean compatibles con los materiales de las obras y su entorno, evitando daños estructurales o erosión.

### **8.8.3 Cálculo de Caudales y Parámetros Hidráulicos**

Se realizaron cálculos hidráulicos para determinar los caudales que las alcantarillas deben manejar. Se utilizó la fórmula de diseño de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) para alcantarillas de tipo O-41211, considerando tanto el control de entrada como de salida del flujo.

Se aplicó el método de estimación de alturas de escurrimiento en alcantarillas de cajón, siguiendo los lineamientos del U.S. Bureau of Public Roads. Según este método, si la altura de agua  $H^*$  es menor que 1.5 veces la altura de la alcantarilla ( $d$ ), la alcantarilla no se considera sumergida, lo que afecta la capacidad de escurrimiento.

### **8.8.4. Planillas y Cálculos Hidrológicos**

Se elaboraron varias planillas técnicas que contienen los parámetros hidráulicos esenciales, como las dimensiones, los caudales máximos, las velocidades de flujo y los parámetros de diseño para cada alcantarilla. Entre ellas:

1. **Planilla N° 1:** Parámetros hidráulicos de las obras de arte (dimensiones, alturas de pelo de agua, caudales y velocidades).

RUTA: PROVINCIAL N° 6														
TRAMO:		Mburucuyá - R.N. N° 118												
SECCIÓN:		Pr. 21.500 - 29.530,16 ( R.N. N° 118)												
OBRA:		Readequacion de Obras Basicas												

## TRABAJO FINAL: "READECUACION DE LA INTERSECCION RN N°118 Y RP N°6"

### 3. Planilla N° 3: Cómputos métricos de alcantarillas

RUTA: PROVINCIAL N° 6																
TRAMO:	Mburucuyá - R.Nac. N 118															
SECCIÓN:	Pr. 21.500 - 29530,16 ( R. Nac. N° 118)															
OBRA:	Readequacion de Obras Basicas															

**Tabla N°52. Cómputos métricos de las alcantarillas de H°A°. Fuente: DPV.**

### 8.8.5 Comportamiento Hidrológico e Hidráulico

Se agruparon las alcantarillas según las cuencas identificadas y se compararon los caudales de diseño con los reales. El comportamiento de escurrimiento es adecuado cuando los caudales que reciben las alcantarillas coinciden con los que pueden manejar.

## Condiciones de Escurrimiento y Cunetas Laterales

El sistema de cunetas laterales se dimensionó para evitar estancamiento del agua. Tienen un ancho de 4 a 10 m y taludes de 1 V: 2 H, con tirantes de agua de 0.40 a 0.50 m, permitiendo el flujo hacia las alcantarillas sin inundaciones.

## Erosión y Vegetación

El suelo arenoso es susceptible a la erosión. Se recomienda cubrir las cunetas con suelo del primer horizonte y vegetación herbácea para proteger el material y evitar pérdidas debido a la erosión.

## Alcantarillas Existentes y Proyecto de Sustitución

Las 4 alcantarillas actuales son insuficientes para el escurrimiento, pues fueron construidas para caudales frecuentes y están en mal estado. Se proyecta su demolición y reemplazo por nuevas obras para mejorar el escurrimiento.





## 8.9. Readecuación de las Obras de Arte Existentes en la Subcuenca de Estudio

Los parámetros geométricos e hidráulicos de las obras de arte existentes en la subcuenca fueron considerados en un anteproyecto previo de la Dirección Provincial de Vialidad (DPV), el cual incluyó el análisis detallado de las condiciones hidráulicas de la zona. En dicho anteproyecto, se adoptaron alcantarillas tipo O-41211 como solución adecuada para la readecuación de las obras de arte, con el objetivo de mejorar el drenaje y permitir un flujo adecuado en las vías de comunicación que atraviesan la cuenca.

Estas readecuaciones siguen siendo válidas en la actualidad, basándose en el análisis continuo del comportamiento hidrológico de la subcuenca. En particular, se ha observado que, durante lluvias extraordinarias con tiempos de recurrencia altos, la cuenca funciona como un pulmón hidráulico, permitiendo que el agua se acumule hasta alcanzar su nivel máximo de almacenamiento. Este comportamiento es consistente con la dinámica natural de los humedales y esteros de la cuenca, donde el agua es almacenada temporalmente, contribuyendo a la regulación de los flujos y evitando inundaciones mayores en las zonas más sensibles.

Además, se ha podido observar, mediante imágenes satelitales, que en el sector norte de la cuenca existen trasvases que permiten el flujo de agua hacia la cuenca del río Santa Lucía. Estos trasvases han demostrado ser un factor relevante en la dinámica de drenaje de la subcuenca, ya que permiten, que el 90% de agua excedente sea redirigido hacia cuencas adyacentes, la mayoría de la superficie de la cuenca aporta directamente al estero Basualdo hasta alcanzar su nivel máximo de almacenamiento generando escorrentía hacia el sistema norte del río Santa Lucía.

También se pudo observar en el plano de hidrodinámica que la ruta provincial N°6 se encuentra ubicada sobre un parte aguas definido, y que atraviesa microcuencas que generan el paso de caudales mínimos de un lado hacia otro. Esto quedó verificado en el cálculo de caudal para un grupo de microcuencas que atraviesa dicho tramo.

En este sentido, las alcantarillas tipo O-41211 y las readecuaciones implementadas continúan siendo una solución eficaz, adecuándose a las necesidades actuales de la subcuenca, y demostrando ser suficientes frente a eventos de lluvias intensas y recurrentes.

A continuación, se presentan imágenes actuales de las obras de arte ubicadas sobre el tramo de estudio analizado.

En general todas las obras de arte del tramo en estudio son del tipo de tubos de hormigón armado, presentan una altura acorde para evacuar solo en eventos determinados donde el pelo de agua alcance la zona más baja de los caños existentes, además se puede observar la vegetación que fue invadiendo las obras de arte y dificultando el escurrimiento en los casos que se alcance la cota de escurrimiento.



Cabe mencionar que esta vegetación contribuye evitando la erosión de los suelos debido a la escorrentía superficial que se generan en los eventos de precipitación por lo que es necesario tenerlo en cuenta a la hora de programar tareas de mantenimiento.



Fig. N° 108,109 y 110. Alcantarilla N° 45 PROG. 28+740 – Fuente: Tomada por nosotros

La alcantarilla N°44 es la única que tiene 2 luces y una altura más acorde para permitir el flujo del agua.



Fig. N° 111, 112 y 113. Alcantarilla N° 44 PROG. 28+576 – Fuente: Tomada por nosotros.



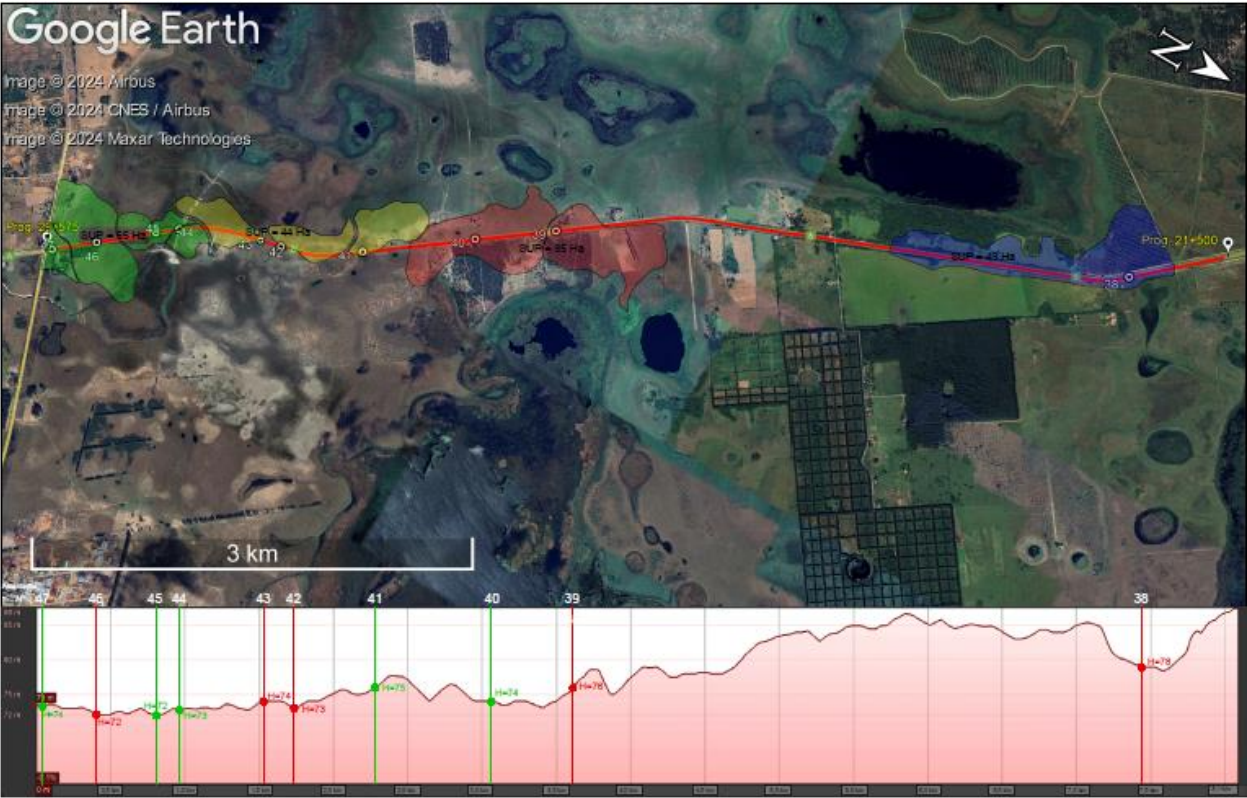


**Fig. N° 114 y 115. Alcantarilla N° 41 PROG. 27+275. Fuente: Tomada por nosotros.**



**Fig. N° 116 y 117. Alcantarilla N° 40 PROG. 26+394 – Fuente: Tomada por nosotros.**

Se realizó la planimetría y se ubicó en las progresivas las obras de arte existentes y las propuestas, y a su vez se delimitaron las microcuencas que aportan al tramo. También se elaboró una planimetría donde se puede observar el relevamiento fotográfico realizado por la DPV en el anteproyecto existente, en donde también se ubicaron las alcantarillas tanto existentes como las propuestas.



ALCANTARILLA N°	PROG.	RELEVAMIENTO ACTUAL
38	22.100,00	ALCANTARILLA PROPUESTA A CONSTRUIR (NO SE OBSERVO)
39	25.941,48	ALCANTARILLA PROPUESTA A CONSTRUIR (NO SE OBSERVO)
40	26.394,57	TUBO DE H*A*
41	27.275,55	TUBO DE H*A*
42	27.850,00	ALCANTARILLA PROPUESTA A CONSTRUIR (NO SE OBSERVO)
43	28.000,00	ALCANTARILLA PROPUESTA A CONSTRUIR (NO SE OBSERVO)
44	28.576,31	ALCANTARILLA DE 2 LUCES (antes era de 1 tubo de H*A*)
45	28.740,16	SE OBSERVO 1 CAÑO DE H*A* (según antecedente existen 3 tubos de H*A*)
46	29.161,16	ALCANTARILLA PROPUESTA A CONSTRUIR (NO SE OBSERVO)
47	29.478,10	ALCANTARILLA DE 1 LUZ

REFERENCIAS
ALCANTARILLAS EXISTENTES
ALCANTARILLAS PROPUESTAS A CONSTRUIR

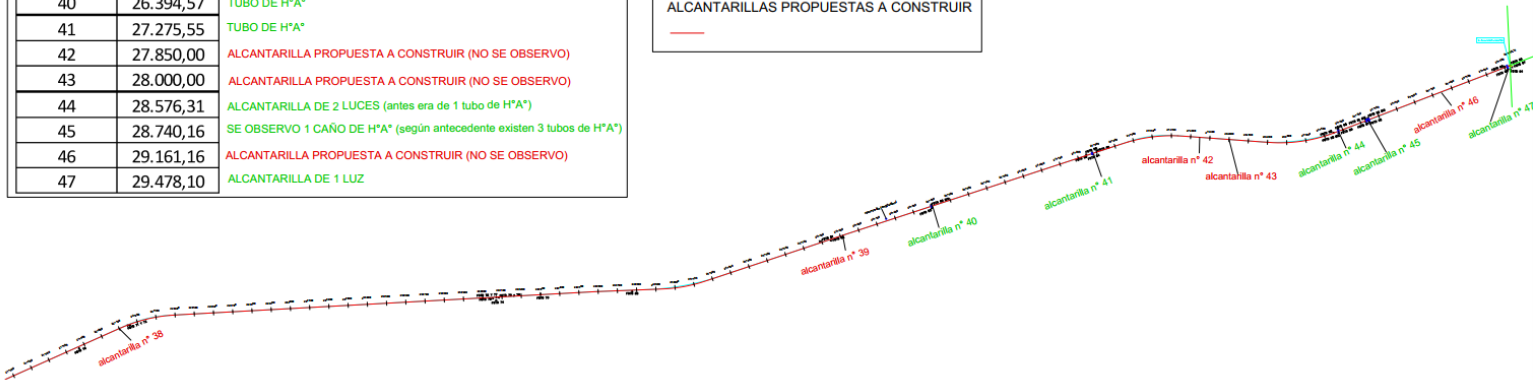


Fig. N°118. Plani-altimetria con ubicación de alcantarillas existe – Fuente: Elaboración propia.





Se presenta el plano de los detalles de la alcantarilla adoptada para las obras de arte.

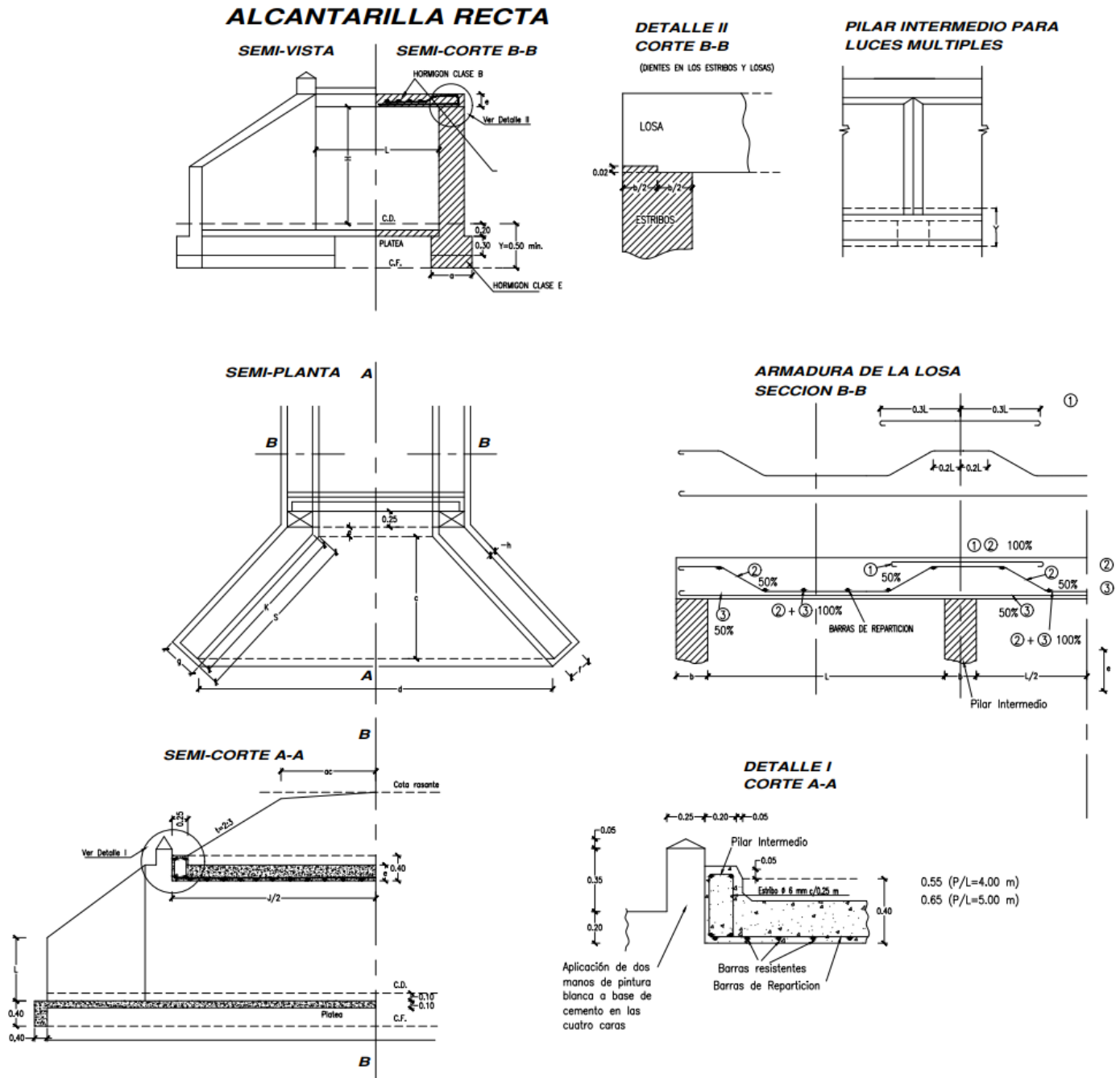


Fig. N° 120. Plano detalles de alcantarilla tipo O- 41211

– Fuente: DPV



## 9. COMPUTO Y PRESUPUESTO

### 9.1 Introducción

En este capítulo se llevará a cabo el cálculo de los elementos que componen el proyecto, con el objetivo de realizar su presupuesto, facilitando así la toma de decisiones y el control durante la ejecución del mismo.

El presupuesto se elabora utilizando la metodología de precios unitarios, que consiste en desglosar cada rubro de la obra en ítems específicos, para luego realizar un análisis de precios que considere los costos de maquinaria, mano de obra y materiales necesarios.

En primer lugar, se calculó el costo directo, que incluye la mano de obra, los materiales y los equipos. A continuación, se determinó el precio total de la obra, considerando los gastos generales e impuestos asociados a la ejecución del proyecto, lo que conformaría la estructura del precio para así llegar al presupuesto de la obra.

El precio de la obra se determinó con valores actualizados a diciembre del 2024 y luego se convirtió a dólares estadounidenses utilizando la cotización de la moneda a esa misma fecha.

Este proceso tiene como propósito contar con una base de referencia para comparar el costo del proyecto en el futuro, teniendo en cuenta el impacto de la inflación en la economía del país.

### 9.2 Costo de la mano de obra

El costo de la mano de obra se determinará mediante los valores mínimos establecidos por las paritarias de la UOCRA del mes de noviembre de 2024 para zona A.

Los salarios mínimos establecidos para cada categoría son:

<u>MES</u>	<u>CATEGORIA</u>	<u>SALARIO BASICO (\$/día)</u>
DICIEMBRE	OFICIAL ESPECIALIZADO	\$ 79.355,20
	OFICIAL	\$ 67.620,27
	AYUDANTE.	\$ 61.458,85

Tabla N°59. Salarios básicos establecido por las paritarias a mes base diciembre. Fuente: elaboración propia

### 9.3. Ítems

A continuación, se presentan los ítems analizados en el proyecto, con sus correspondientes costos unitarios, costos totales e incidencias.


TRABAJO FINAL DE CARRERA						F
OBRA: "READECUACION DE LA INTERSECCION RN N°118 Y RP N°6"						
UBICACIÓN: Municipio de Santa Rosa - Departamento de Concepcion, Provincia de Corrientes						UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE FACULTAD DE INGENIERIA
MES BASE: dic-24						
COMPUTO Y PRESUPUESTO						
Nº	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL	% INCID.
I	MOVIMIENTO DE SUELO					
1.1	DEMOLICION DE PAVIMENTO EXISTENTE	m2	5460	\$ 14.858	\$ 81.122.496,00	6,27
1.2	LIMPIEZA DEL TERRENO	ha	2,46	\$ 710.907	\$ 1.748.830,21	0,14
1.3	TERRAPLEN CON COMPACTACION ESPECIAL	m3	9668,1	\$ 21.321,50	\$ 206.138.394,15	15,94
1.4	PREPARACION DE LA SUBRASANTE	m3	2974,8	\$ 15.089,53	\$ 44.888.333,84	3,47
1.5	EXCAVACION PARA APERTURA DE CAJA	m3	743,7	\$ 14.730,80	\$ 10.955.295,96	0,85
II	CALZADA DE HORMIGON					
2.1	BASE DE RDC 150 Kg/m3, e=20cm, con lamina de poliepropileno 200 micrones	m3	1826,49	\$ 101.101,99	\$ 184.661.779,19	14,28
2.2	CALZADA DE HORMIGON H30, e=25cm - INCLUYE PASADORES Y BARRAS DE UNION	m2	8619,88	\$ 69.458,43	\$ 598.723.331,59	46,31
2.3	VIGA DE VINCULACION	m3	3,285	\$ 277.275,29	\$ 910.849,33	0,07
2.4	DARSENA Y REFUGIO PARA PEATONES	Un.	2	\$ 12.825.231,54	\$ 25.650.463,09	1,98
III	SEÑALAMIENTO					
3.1	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL CON PINTURA TERMOPLASTICA	m2	233	\$ 15.998,08	\$ 3.727.552,64	0,29
3.2	SEÑALAMIENTO VERTICAL	m2	73,08	\$ 311.396,59	\$ 22.756.862,80	1,76
IV	ILUMINACION					
4.1	COLUMNA METALICA H=9m CON PESCANTE DE 2,5m	Un	53	\$ 504.090,01	\$ 26.716.770,53	2,07
4.2	ARTEFACTO DE ILUMINACION TIPO LED 150w	Un	53	\$ 262.929,59	\$ 13.935.268,27	1,08
4.3	CABLE PREENSAMBLADO DE ALUMINIO s=4x6mm2	ml	1700	\$ 8.351,23	\$ 14.197.091,00	1,10
4.4	TABLERO COMANDO	Un.	1	\$ 819.581,71	\$ 819.581,71	0,06
4.5	HORMIGON SIMPLE PARA BASES (0,45x0,45x1,45)	m3	16	\$ 285.067,27	\$ 3.611.926,44	0,28
4.6	MORSETERIA	Un	106	\$ 9.271,52	\$ 982.781,12	0,08
4.7	ALIMENTACION DE TABLEROS	GL	1	\$ 593.530,00	\$ 593.530,00	0,05
V	PARQUIZACION					
5.1	PAISAJISMO EN ISLETAS Y APROXIMACIONES	GL	1	\$ 11.855.130,00	\$ 11.855.130,00	0,92
VI	MOVILIZACION DE OBRA					
6.1	MOVILIZACION DE OBRA	GL	1	\$ 38.873.884,30	\$ 38.873.884,30	3
				COSTO - COSTO =	\$ 1.292.870.152,18	100,00
				COSTO - COSTO =		\$ 1.292.870.152,18
				Gastos Generales (15%) =		\$ 193.930.522,83
				subtotal 1		\$ 1.486.800.675,00
				Beneficio (10%) =		\$ 148.680.067,50
				subtotal 2		\$ 1.635.480.742,50
				Impuestos (27,4%) =		\$ 448.121.723,45
				Precio de la Obra =		\$ 2.083.602.465,95

Tabla N°60. Cómputo y presupuesto de la obra. Fuente: elaboración propia



Teniendo un presupuesto oficial de \$ 2.083.602.465,95 con el dólar a la fecha:  
u\$s1.984.383,3

En los anexos del correspondiente capítulo se detalla el análisis de los precios de los ítems. También se adjunta en el anexo, el cómputo y presupuesto con su correspondiente plan de trabajo y su curva de inversión.

Cabe aclarar que para el plan de trabajo se adoptó un plazo razonable de 10 meses (300 días) para realizar todas las tareas que contemple la finalización de la obra.



## 10. Evaluación económica

### 10.1 Introducción

La evaluación económica del proyecto tiene como objetivo determinar si la ejecución de la obra genera un beneficio económico, entendido como la reducción de los costos asociados a los siniestros viales en comparación con la siniestralidad actual de la intersección. Este análisis se fundamenta en un principio económico: la obra será considerada viable únicamente si permite obtener un beneficio económico neto.

El análisis de la siniestralidad en la intersección de la Ruta Nacional N.º 118 y la Ruta Provincial N° 6 evidenció que la situación actual genera un costo social significativo, atribuible a la frecuencia y gravedad de los siniestros viales registrados. En este contexto, resulta pertinente analizar los costos asociados a la siniestralidad vial en el país, siguiendo los lineamientos de la Dirección Nacional del Observatorio Vial (DNOV). Según dicho organismo, esta información reviste importancia por las siguientes razones:

1. Permite dimensionar la magnitud del impacto social y económico que los siniestros viales generan en la sociedad.
2. Facilita la realización del análisis costo-beneficio, comparando los costos derivados de los siniestros viales con los presupuestos asignados a medidas de seguridad vial, lo que permite fundamentar planes de reducción de siniestralidad mediante una mayor inversión en prevención e infraestructura.
3. Constituye un insumo esencial para destacar la relevancia de la inseguridad vial como problema de salud pública y fomentar una mayor sensibilización sobre este tema.

En función del segundo aspecto señalado, en este análisis busca cuantificar en términos monetarios los costos asociados a los siniestros bajo ambas alternativas: con y sin la ejecución de la obra.

Finalmente, para evaluar la viabilidad económica del proyecto, se emplearon los indicadores de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), los cuales permiten determinar si la implementación del proyecto resulta favorable desde una perspectiva económica.

## 10.2 Evaluación de la viabilidad económica del proyecto

### 10.2.1 Aspectos Generales

Para determinar la viabilidad económica del proyecto, se llevaron a cabo las siguientes proyecciones de flujos de fondos:

1. Flujo de fondos de la alternativa **sin proyecto**. Se identificaron dos costos principales:

- Costos de mantenimiento de la intersección actual: estimados como el 50% de los costos requeridos para mantener una rotonda.
- Costos asociados a los siniestros viales sin la construcción de la rotonda.

2. Flujo de fondos de la alternativa **con proyecto**. Se calcularon tres costos principales:

- Inversión inicial del proyecto: cuantificada en \$ 2.083.602.465,95 para el año 2024.
- Costos de mantenimiento de la rotonda: equivalentes a la depreciación anual de la inversión durante un período de vida útil de 30 años. La rotonda estará operativa a partir del año 2026, y el horizonte de proyección se extiende hasta 2056, cuando la inversión estará completamente depreciada.
- Costos asociados a los siniestros viales: proyectados con una reducción del 50% en comparación con la alternativa sin proyecto. Este porcentaje se basa en la Guía de Intervenciones en Seguridad Vial publicada por el Fondo Mundial para la Seguridad Vial (GRSF), que indica que rotondas bien diseñadas pueden reducir muertes y lesiones graves entre un 70% y un 80%. Sin embargo, considerando las condiciones locales, se adoptó una reducción más conservadora del 50%.

### 3. Flujo de fondos neto:

Se determinó la diferencia entre los flujos de fondos con y sin la realización del proyecto, actualizando los valores a valor presente (año 2024) mediante una tasa de descuento del 12%. Este enfoque permite evaluar si los beneficios económicos derivados de la obra superan sus costos, estableciendo así su viabilidad económica.

Inputs	Valor
Inversión inicial	2.083.602.465
Costo unitario por siniestro vial	77.919.201
Tasa de descuento	12%
Vida útil de la rotonda (años)	30
Siniestralidad vial / PBI	1,6%
% de ahorro por proyecto	50%

Tabla N°61. Variables de entrada del modelo. Fuente: elaboración propia.



### 10.2.2 Cálculo de la Siniestralidad Vial

Para la estimación del valor de la siniestralidad vial, ya que solo se cuentan con los dos primeros trimestres para el año 2024, hemos considerado como base el PBI a valores corrientes del año 2023 reportado por INDEC. Para actualizar el PBI 2023 al año de valuación, utilizamos dos conceptos:

1. Por un lado, se consideró la inflación reportada por el INDEC hasta octubre de 2023. Para estimar la inflación de los dos meses restantes, se utilizaron las proyecciones del Relevamiento de Expectativas de Mercado (REM), publicadas por el Banco Central de la República Argentina (BCRA) en octubre de 2023.
2. Por otro lado, aplicamos la variación del PBI real proyectada por el Fondo Monetario Internacional (FMI) para el año 2024, de -3,5%.

Según la DNOV, en 2021, la siniestralidad vial con víctimas tuvo un costo total de \$670.396.607.884 (o u\$s7.064.552.619), lo que equivale a un costo promedio por víctima de \$5.860.776 (u\$s61.760). Para el año 2024, la siniestralidad vial ascendió a \$9.540.132.379.598 (o u\$s 9.009.984.870), con un costo promedio de \$77.919.201 (u\$s73.589).

A partir del PBI a valores corrientes de 2024, hemos ajustado el PBI según la variación del PBI real proyectado por el FMI hasta el año 2029. A partir de dicho año, hemos estimado un descenso gradual en el crecimiento hasta la tasa de largo plazo de 0,6%.

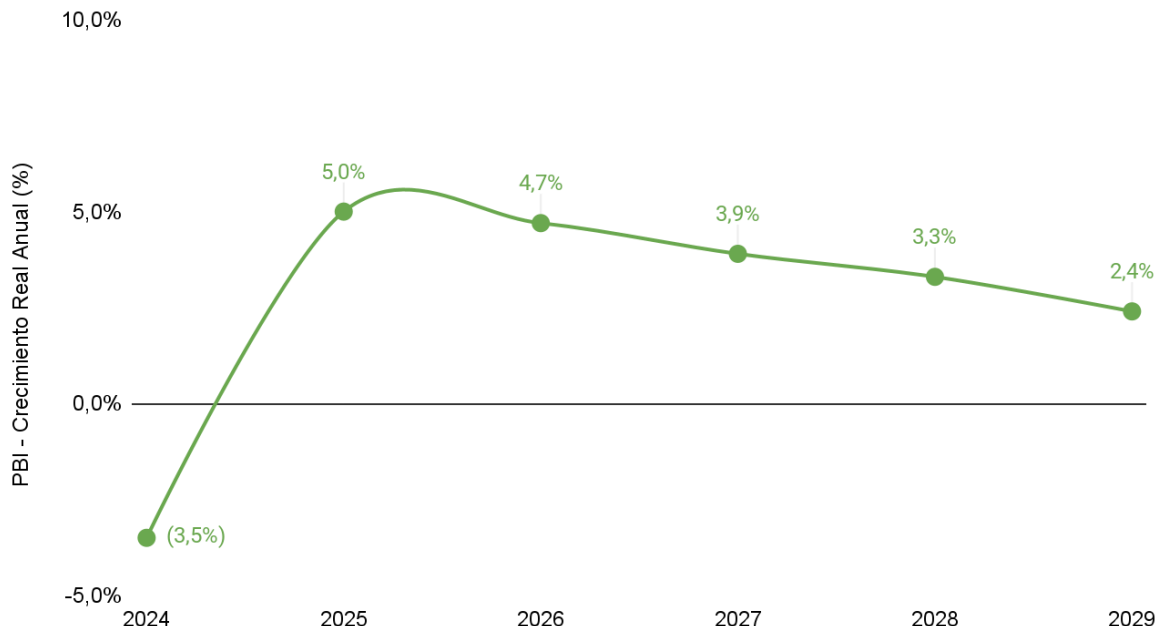


Fig. N°62. Crecimiento del PBI real proyectado para Argentina. Años 2024 - 2029.

Fuente: elaboración propia en base a datos del FMI.

Una vez obtenido el PBI de cada año, hemos aplicado un promedio del valor de la siniestralidad vial sobre el PBI reportado por la Dirección Nacional de Observatorio Vial (DNOV)



para el año 2019 de 1,6%. Aunque el promedio más actual de 1,4% registrado para el año 2021 es menor al de 2019, decidimos no utilizarlo por el contexto de la movilidad de los vehículos para dicho año, en donde todavía se mantenían ciertas restricciones y medidas sanitarias asociadas al cuidado por el Covid-19.

La DNOV arribó al valor de 1,6% a partir del cálculo del valor individual de cada siniestro vial. Para ello, determinó dos grandes grupos de costos:

### 1. Costos Directos:

#### A. Costos médicos:

Relacionados con el tratamiento de lesiones, tanto de corto como largo plazo, cubriendo primeros auxilios, traslados en ambulancia, atención médica de urgencias y hospitalización, excluyendo rehabilitación, atención ambulatoria posterior al alta y prótesis.

#### B. Daños a la propiedad:

Involucra los daños a vehículos, medidos principalmente a través de los pagos de las aseguradoras por daños materiales, excluyendo daños a la infraestructura vial y vehículos de dos ruedas.

#### C. Costos Administrativos:

Gastos en la gestión de servicios policiales, bomberos, tribunales y seguros.

### 2. Costos indirectos:

#### D. Costo estadístico de la vida:

Los costos inmateriales relacionados con el dolor y la pérdida de calidad de vida debido a lesiones graves o muertes, estimados mediante un valor estadístico de la vida, con datos desagregados por género y edad.

#### E. Costos por pérdida de productividad:

Pérdida económica por la incapacidad de las personas afectadas para trabajar, ya sea de forma temporal (lesiones leves) o permanente (discapacidad o muerte). Se considera la edad de la víctima para calcular la pérdida de años laborales, siendo más relevante en Argentina para personas menores de 45 años. Excluye la pérdida de productividad de los cuidadores.

La cantidad de víctimas de siniestros viales es uno de los principales indicadores utilizados en las estimaciones de siniestralidad vial. Este indicador incluye víctimas de diferentes niveles de gravedad: fallecidos, heridos graves y heridos leves. Se define como víctima fatal a toda persona que muere como consecuencia de un siniestro vial, ya sea en el lugar del incidente o hasta 30 días después. Por otro lado, se considera herido grave a quien requiere hospitalización por un mínimo de 24 horas o atención médica especializada; mientras que los heridos leves son aquellos que precisan atención médica básica (DNOV, 2021).

Una vez determinado proyectado el PBI de Argentina durante el horizonte de proyección y la participación de la siniestralidad vial sobre el total del PBI en el año 2024, utilizamos el producto entre ambos valores para proyectar la siniestralidad vial. La justificación detrás de esto es que existe una relación directa entre el crecimiento económico y la movilidad de bienes. El incremento en los bienes y servicios ofrecidos, el mayor consumo y la creación de comercios generan una mayor demanda de transporte, especialmente de carga en camiones. Este enfoque refleja cómo el dinamismo económico impulsa la logística y el movimiento de mercancías, haciendo del PBI un indicador clave para determinar la siniestralidad vial.

Año	2017	2019	2021
Valor de la Siniestralidad Vial / PBI	1,70%	1,60%	1,40%

**Tabla N°63. Participación del costo de la siniestralidad vial sobre el PBI. Años 2017, 2019 y 2021. Fuente: Dirección nacional de observatorio vial (DNOV)**

A su vez, la participación de la siniestralidad vial sobre el PBI se encuentra dentro de lo comprendido por la literatura especializada, que asigna un rango entre 1% y 3% del PBI para países de ingresos medios/bajos (DNOV, 2019; Wijnen & Stipdonk, 2016).

Una vez determinada la siniestralidad vial para cada año en Argentina, hemos ajustado el valor a partir de la geolocalización del proyecto según la cantidad de víctimas, mediante la aplicación de dos ratios. En primer lugar, aplicamos la participación de la cantidad de víctimas en la provincia de Corrientes sobre el total de Argentina, incluyendo las víctimas fatales, heridos graves y heridos leves. En el año 2021, el número de víctimas en Argentina fue de 114.387, mientras que en la provincia de Corrientes ascendieron a 1.436. Esto equivale a una participación de 1,3%.

El segundo criterio de geolocalización considera la cantidad de víctimas en la intersección según lo reportado por la comisaría N°2 de Saladas, explicada en el capítulo 6. En el año 2024 se registraron 5 víctimas cada dos meses, equivalente a 30 víctimas anuales. De esta manera, aplicamos la participación sobre el total de víctimas de la intersección estudiada, sobre el total en Corrientes para el año 2021, de 2,1%.

Ubicación Geográfica	Víctimas totales por año	Ratio utilizado
Argentina	114.387	1,6%
Corrientes	1.436	1,3%
Intersección de RN N° 118 Y RP N°6	30	2,1%

**Tabla N°64. Víctimas totales por año y promedios utilizados según la ubicación geográfica. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la DNOV.**

### 10.2.3 Síntesis de los indicadores

La Tabla N°65 muestra una síntesis de los indicadores seleccionados para el análisis de la viabilidad económica del proyecto, junto con sus fuentes de información.

Tipo de información	Fuente de información	Link
Inflación histórica 2024	INDEC - IPC	<a href="https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-5-31">https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-5-31</a>
Inflación proyectada meses de noviembre y diciembre 2024	BCRA - REM	<a href="https://www.bcra.gob.ar/Pdfs/PublicacionesEstadisticas/relevamiento-expectativas-mercado-oct-2024.pdf">https://www.bcra.gob.ar/Pdfs/PublicacionesEstadisticas/relevamiento-expectativas-mercado-oct-2024.pdf</a>
Crecimiento real del PBI	FMI	<a href="https://www.imf.org/en/Countries/ARG#whatsnew">https://www.imf.org/en/Countries/ARG#whatsnew</a>
Costo de la siniestralidad vial / PBI	DNOV - 2024	<a href="https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/12/costos_de_la_siniestralidad_vial_en_argentina_para_el_ano_2021_-_v2.pdf">https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/12/costos_de_la_siniestralidad_vial_en_argentina_para_el_ano_2021_-_v2.pdf</a>
Inversión inicial	Estimación propia	-
Cantidad de siniestros viales en Argentina y Corrientes en 2021	DNOV	<a href="https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/12/anuario_estadistico_2021.pdf">https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/12/anuario_estadistico_2021.pdf</a>
Cantidad de siniestros viales en la intersección de la RN N°118 y RP N°6	Comisaría N°2 de Saladas	-

Tabla N°65. Síntesis de indicadores utilizados. Fuente: elaboración propia.



## 10.3 Flujo de Fondos de las alternativas y consolidado.

### 10.3.1. Flujo de Fondos de la alternativa sin proyecto. (Elaboración propia).

Año	Costo de mantenimiento anual (depreciación lineal)	Costo por siniestros viales	Costo total - Sin proyecto
2024	-	\$0	\$0
2025	-	\$2.627.170.657	\$2.627.170.657
2026	\$34.726.708	\$2.750.647.678	\$2.785.374.386
2027	\$34.726.708	\$2.857.922.937	\$2.892.649.645
2028	\$34.726.708	\$2.952.234.394	\$2.986.961.102
2029	\$34.726.708	\$3.023.088.020	\$3.057.814.728
2030	\$34.726.708	\$3.092.137.417	\$3.126.864.125
2031	\$34.726.708	\$3.159.352.346	\$3.194.079.054
2032	\$34.726.708	\$3.224.710.966	\$3.259.437.674
2033	\$34.726.708	\$3.288.199.232	\$3.322.925.940
2034	\$34.726.708	\$3.349.810.288	\$3.384.536.996
2035	\$34.726.708	\$3.409.543.876	\$3.444.270.584
2036	\$34.726.708	\$3.467.405.754	\$3.502.132.462
2037	\$34.726.708	\$3.523.407.139	\$3.558.133.847
2038	\$34.726.708	\$3.577.564.163	\$3.612.290.870
2039	\$34.726.708	\$3.629.897.357	\$3.664.624.065
2040	\$34.726.708	\$3.680.431.165	\$3.715.157.872
2041	\$34.726.708	\$3.729.193.470	\$3.763.920.178
2042	\$34.726.708	\$3.776.215.168	\$3.810.941.875
2043	\$34.726.708	\$3.821.529.750	\$3.856.256.457
2044	\$34.726.708	\$3.865.172.926	\$3.899.899.633
2045	\$34.726.708	\$3.907.182.269	\$3.941.908.976
2046	\$34.726.708	\$3.947.596.888	\$3.982.323.596
2047	\$34.726.708	\$3.986.457.127	\$4.021.183.835
2048	\$34.726.708	\$4.023.804.292	\$4.058.530.999
2049	\$34.726.708	\$4.059.680.393	\$4.094.407.100
2050	\$34.726.708	\$4.094.127.923	\$4.128.854.631
2051	\$34.726.708	\$4.118.692.691	\$4.153.419.398
2052	\$34.726.708	\$4.143.404.847	\$4.178.131.555
2053	\$34.726.708	\$4.168.265.276	\$4.202.991.984
2054	\$34.726.708	\$4.193.274.868	\$4.228.001.575
2055	\$34.726.708	\$4.218.434.517	\$4.253.161.225
2056	\$34.726.708	\$4.243.745.124	\$4.278.471.832





10.3.2. Flujo de Fondos de la alternativa con proyecto. (Elaboración propia).

Año	Inversión inicial	Costo de mantenimiento anual (depreciación lineal)	Costo por siniestros viales	Costo total - Con proyecto
2024	\$2.083.602.465	-	-	\$2.083.602.465
2025	-	-	\$2.627.170.657	\$2.627.170.657
2026	-	\$69.453.416	\$1.375.323.839	\$1.444.777.255
2027	-	\$69.453.416	\$1.428.961.469	\$1.498.414.884
2028	-	\$69.453.416	\$1.476.117.197	\$1.545.570.613
2029	-	\$69.453.416	\$1.511.544.010	\$1.580.997.425
2030	-	\$69.453.416	\$1.546.068.709	\$1.615.522.124
2031	-	\$69.453.416	\$1.579.676.173	\$1.649.129.588
2032	-	\$69.453.416	\$1.612.355.483	\$1.681.808.899
2033	-	\$69.453.416	\$1.644.099.616	\$1.713.553.032
2034	-	\$69.453.416	\$1.674.905.144	\$1.744.358.560
2035	-	\$69.453.416	\$1.704.771.938	\$1.774.225.353
2036	-	\$69.453.416	\$1.733.702.877	\$1.803.156.293
2037	-	\$69.453.416	\$1.761.703.570	\$1.831.156.985
2038	-	\$69.453.416	\$1.788.782.081	\$1.858.235.497
2039	-	\$69.453.416	\$1.814.948.679	\$1.884.402.094
2040	-	\$69.453.416	\$1.840.215.582	\$1.909.668.998
2041	-	\$69.453.416	\$1.864.596.735	\$1.934.050.151
2042	-	\$69.453.416	\$1.888.107.584	\$1.957.560.999
2043	-	\$69.453.416	\$1.910.764.875	\$1.980.218.290
2044	-	\$69.453.416	\$1.932.586.463	\$2.002.039.878
2045	-	\$69.453.416	\$1.953.591.134	\$2.023.044.550
2046	-	\$69.453.416	\$1.973.798.444	\$2.043.251.859
2047	-	\$69.453.416	\$1.993.228.564	\$2.062.681.979
2048	-	\$69.453.416	\$2.011.902.146	\$2.081.355.561
2049	-	\$69.453.416	\$2.029.840.196	\$2.099.293.612
2050	-	\$69.453.416	\$2.047.063.962	\$2.116.517.377
2051	-	\$69.453.416	\$2.059.346.345	\$2.128.799.761
2052	-	\$69.453.416	\$2.071.702.423	\$2.141.155.839
2053	-	\$69.453.416	\$2.084.132.638	\$2.153.586.053
2054	-	\$69.453.416	\$2.096.637.434	\$2.166.090.849
2055	-	\$69.453.416	\$2.109.217.258	\$2.178.670.674
2056	-	\$69.453.416	\$2.121.872.562	\$2.191.325.977



10.3.3. Flujo de Fondos consolidado. (Elaboración propia)

Año	Período	Costo total - Sin proyecto	Costo total - Con proyecto	Beneficio neto	Valor presente
2024	0	\$0	\$2.083.602.465	- \$2.083.602.465	- \$2.083.602.465
2025	1	\$2.627.170.657	\$2.627.170.657	\$0	\$0
2026	2	\$2.785.374.386	\$1.444.777.255	\$1.340.597.131	\$1.068.715.825
2027	3	\$2.892.649.645	\$1.498.414.884	\$1.394.234.761	\$992.388.764
2028	4	\$2.986.961.102	\$1.545.570.613	\$1.441.390.489	\$916.029.714
2029	5	\$3.057.814.728	\$1.580.997.425	\$1.476.817.302	\$837.985.798
2030	6	\$3.126.864.125	\$1.615.522.124	\$1.511.342.001	\$765.692.892
2031	7	\$3.194.079.054	\$1.649.129.588	\$1.544.949.465	\$698.856.678
2032	8	\$3.259.437.674	\$1.681.808.899	\$1.577.628.775	\$637.177.802
2033	9	\$3.322.925.940	\$1.713.553.032	\$1.609.372.908	\$580.356.005
2034	10	\$3.384.536.996	\$1.744.358.560	\$1.640.178.436	\$528.093.560
2035	11	\$3.444.270.584	\$1.774.225.353	\$1.670.045.230	\$480.098.096
2036	12	\$3.502.132.462	\$1.803.156.293	\$1.698.976.169	\$436.084.866
2037	13	\$3.558.133.847	\$1.831.156.985	\$1.726.976.862	\$395.778.524
2038	14	\$3.612.290.870	\$1.858.235.497	\$1.754.055.374	\$358.914.482
2039	15	\$3.664.624.065	\$1.884.402.094	\$1.780.221.971	\$325.239.898
2040	16	\$3.715.157.872	\$1.909.668.998	\$1.805.488.875	\$294.514.346
2041	17	\$3.763.920.178	\$1.934.050.151	\$1.829.870.027	\$266.510.214
2042	18	\$3.810.941.875	\$1.957.560.999	\$1.853.380.876	\$241.012.889
2043	19	\$3.856.256.457	\$1.980.218.290	\$1.876.038.167	\$217.820.745
2044	20	\$3.899.899.633	\$2.002.039.878	\$1.897.859.755	\$196.744.981
2045	21	\$3.941.908.976	\$2.023.044.550	\$1.918.864.427	\$177.609.346
2046	22	\$3.982.323.596	\$2.043.251.859	\$1.939.071.736	\$160.249.756
2047	23	\$4.021.183.835	\$2.062.681.979	\$1.958.501.856	\$144.513.848
2048	24	\$4.058.530.999	\$2.081.355.561	\$1.977.175.438	\$130.260.477
2049	25	\$4.094.407.100	\$2.099.293.612	\$1.995.113.489	\$117.359.172
2050	26	\$4.128.854.631	\$2.116.517.377	\$2.012.337.254	\$105.689.581
2051	27	\$4.153.419.398	\$2.128.799.761	\$2.024.619.638	\$94.941.663
2052	28	\$4.178.131.555	\$2.141.155.839	\$2.036.975.716	\$85.286.682
2053	29	\$4.202.991.984	\$2.153.586.053	\$2.049.405.930	\$76.613.505
2054	30	\$4.228.001.575	\$2.166.090.849	\$2.061.910.726	\$68.822.299
2055	31	\$4.253.161.225	\$2.178.670.674	\$2.074.490.551	\$61.823.382
2056	32	\$4.278.471.832	\$2.191.325.977	\$2.087.145.854	\$55.536.189

## 10.4 Criterios de decisión

### 1) VAN (Valor Actual Neto)

Representa el dinero extra que generará el proyecto, luego de recuperar la inversión inicial, realizar el costo de mantenimiento de la rotonda y satisfacer el rendimiento requerido exigido por la tasa de descuento. Se calcula como la diferencia entre valores actualizados de los costos y beneficios del proyecto considerando la tasa de oportunidad del dinero en el mercado.

El criterio de decisión del VAN es:

Si  $VAN > 0 \rightarrow$  Proyecto rentable

Si  $VAN = 0 \rightarrow$  indiferente

Si  $VAN < 0 \rightarrow$  Proyecto no rentable

### 2) TIR (Tasa interna de retorno)

Es la tasa en la que el VAN se iguala a cero. Representa un valor crítico que indica el punto en el que el proyecto resulta marginalmente aceptable y refleja la rentabilidad generada por el capital invertido en él. Su cálculo se realiza mediante un proceso iterativo o a través de una gráfica que muestra cómo varía el VAN a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto. En dicha gráfica, la TIR corresponde al punto donde la curva del VAN cruza el eje horizontal. Dado que los flujos solo registran un solo cambio de signo en todo el horizonte de proyección, pudimos utilizar la TIR como criterio de decisión.

$TIR > \text{tasa de descuento (12\%)} \rightarrow$  Proyecto financieramente viable

$TIR = \text{tasa de descuento (12\%)} \rightarrow$  indiferente

$TIR < \text{tasa de descuento (12\%)} \rightarrow$  proyecto no es financieramente viable

Los resultados obtenidos confirman que el proyecto es económicamente viable. En términos del Valor Actual Neto (VAN), el proyecto permite recuperar la inversión inicial, cubrir los costos anuales de mantenimiento de la rotonda y superar el rendimiento esperado, representado por una tasa de descuento del 12%. Además, genera un excedente económico, derivado del ahorro en siniestros viales, estimado en \$10.031.434.291.

El análisis muestra que el proyecto es económicamente rentable, dado que la TIR resultante es superior a la tasa de descuento aplicada, reforzando la viabilidad económica de la iniciativa.

Indicador	Valor	Decisión
VAN	9.433.119.516	Realizar el proyecto
TIR	31%	Realizar el proyecto

Tabla N°66. Indicadores de la rentabilidad del proyecto. Fuente: Elaboración propia



## 11. RECOMENDACIONES

En este apartado se incluirán recomendaciones sobre los temas que requieren un análisis y estudio más detallado de ciertos aspectos o variables involucradas, con el objetivo de optimizar el ante proyecto propuesto.

- **Demografía y uso del suelo**

Se recomienda llevar a cabo un estudio demográfico más exhaustivo en la zona analizada, con el propósito de obtener mayor precisión sobre el uso futuro del suelo, considerando la tendencia a desarrollar barrios privados en el área, lo que podría alterar el comportamiento hidrológico.

- **Expropiación de zona de camino**

Para el desarrollo del proyecto correspondiente al tramo de la Ruta Provincial N°6, se recomienda realizar una verificación exhaustiva de la zona de camino existente, ya que se ha identificado que la traza proyectada se encuentra invadida en algunos sectores. Es fundamental definir claramente los límites del derecho de vía y evaluar la necesidad de iniciar un proceso de expropiación en las áreas afectadas, a fin de garantizar la viabilidad de la nueva traza y su alineación con las normativas vigentes. Asimismo, se sugiere estudiar alternativas de desvío o extrapolación del recorrido, priorizando soluciones que minimicen el impacto en las propiedades aledañas y optimicen la seguridad y funcionalidad de la ruta.

- **Acopio de suelo**

Se recomienda buscar un yacimiento de suelo apto para las necesidades de la obra a una distancia máxima entre 5 y 10 km del sitio de ejecución. Esta proximidad asegura una logística eficiente, reduce costos de transporte y minimiza el impacto ambiental asociado al traslado de materiales.

En caso de no encontrar un yacimiento adecuado dentro de este radio, se deberá evaluar y realizar el mejoramiento del suelo in situ, buscando un valor soporte similar al propuesto en el paquete estructural adoptado en este anteproyecto.

- **Caudales**

Se recomienda realizar una nueva medición de los caudales mediante aforos, en los puntos previamente evaluados por la Dirección Provincial de Vialidad (DPV), considerando que, con el paso de los años, las condiciones hidráulicas de la cuenca pudieron haber cambiado debido a factores como modificaciones en el uso del suelo, variaciones climáticas y cambios en la vegetación. Actualizar estos datos permitirá obtener una representación más precisa de las condiciones actuales, garantizando un diseño hidráulico adecuado y adaptado a las demandas reales del proyecto.



- **Recomendación sobre el impacto ambiental**

Se recomienda que todas las actividades relacionadas con la ejecución de la obra se lleven a cabo minimizando los impactos ambientales. Esto incluye la protección de la vegetación autóctona durante la limpieza y preparación de la zona, evitando su remoción innecesaria, así como la gestión adecuada de los residuos generados para prevenir la contaminación del suelo y el agua. Además, se debe controlar la emisión de polvo y ruidos mediante el uso de equipos adecuados y la planificación de horarios de trabajo. También es esencial preservar los cursos de agua cercanos, evitando alteraciones en su cauce y calidad, e implementar medidas para proteger la fauna local, como la delimitación de áreas sensibles. Estas acciones garantizarán que el proyecto se desarrolle de manera responsable y sostenible.

## 12. IMÁGENES ILUSTRATIVAS



Fig. N°121. Ilustración de la rotonda. Fuente: Elaboración propia



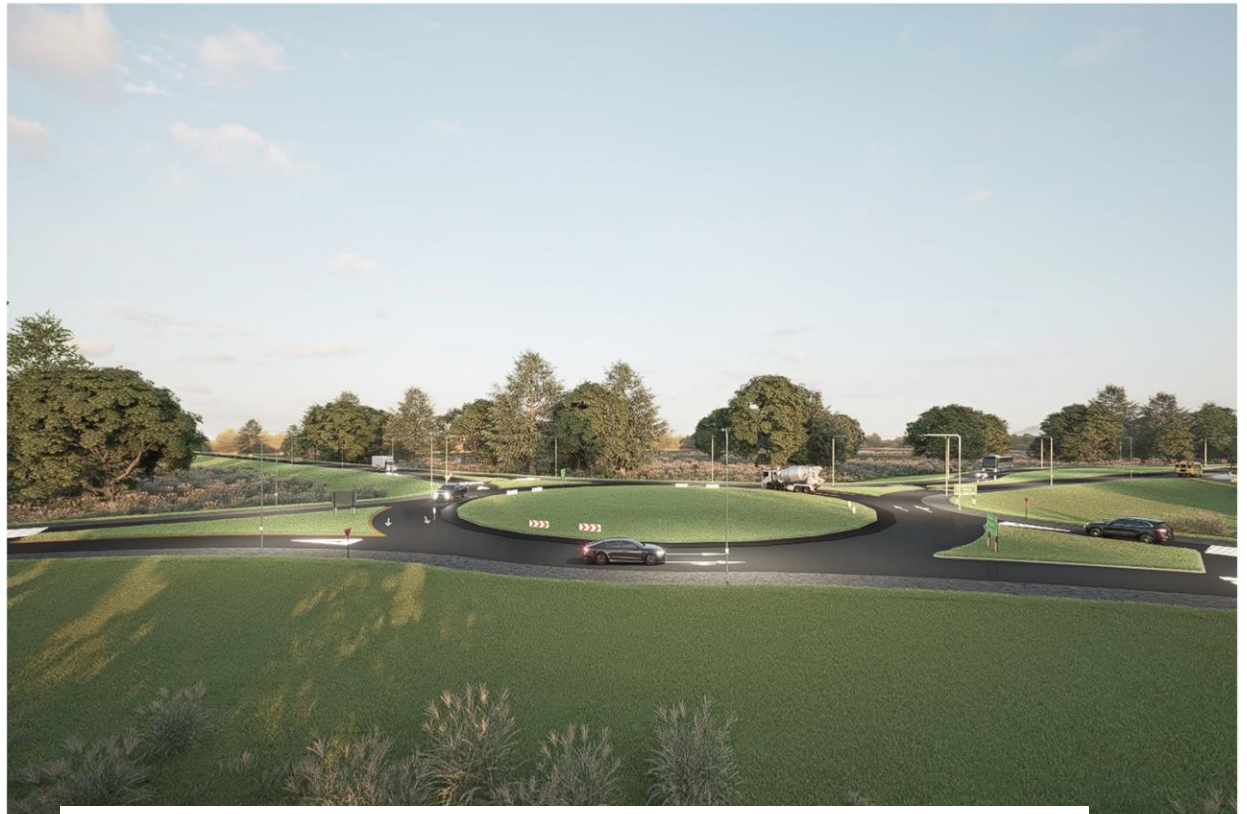


Fig. N°122. Ilustración panorámica de la rotonda. Fuente: Elaboración propia.



Fig. N°123. Ilustración panorámica de la rotonda. Fuente: Elaboración propia.



Fig. N°124. Ilustración panorámica de la rotonda. Fuente: Elaboración propia.



Fig. N°125. Ilustración de noche de la rotonda. Fuente: Elaboración propia.





Fig. N°126. Ilustración de noche de la rotonda. Fuente: Elaboración propia.



Fig. N°127. Ilustración panorámica de la rotonda. Fuente: Elaboración propia.



BIBLIOGRAFIA Y FUENTES:

MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

PLANILLA DE CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES- ESALS.

PROYECTO DE VIALIDAD PROVINCIAL DE CORRIENTES DE LA RUTA PROVINCIAL N°6 , TRAMO:  
MBURUCUYÁ – RUTA NACIONAL N°118

INSTITUTO DE CEMENTO PORTLAND ARGENTINO – ICPA

NORMAS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO GEOEMTRICO Y SEGURIDAD VIAL – DNV

BECERRA – FERRER – LANGE (1977) – PROYECTO PUENTE PASO AGUIRRE – DPV CTES

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES (C.F.I.) 1991 - CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA  
PROV. DE CTES.

CURSO INTERNACIONAL DE POSTGRADO EN CARRETERAS (ROSARIO, 1992) – ALCANTARILLAS –  
TOMOS I-II-III – CORNERO, GUILLERMO.

CUENCA DEL RÍO SANTA LUCIA. SERRA, PILAR – INÉDITO – (1988).

DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD - GRÁFICOS HIDRÁULICOS PARA EL DISEÑO DE  
ALCANTARILLAS (1966) - RÜHLE FEDERICO

DIRECCIÓN PROVINCIAL DE VIALIDAD DE CORRIENTES. MAPA FÍSICO, POLÍTICO Y VIAL DE LA  
PCIA DE CORRIENTES- DATOS DE PRECIPITACIONES DE LA ZONA MERCEDES, GOYA, GENERAL  
PAZ.

EDISON CONSULT S.A. (1965) PLAN DE PROMOCIÓN AGROPECUARIA DE LA PROV. DE CTES.  
C.F.I.- T. II -III.

ESTADÍSTICA HIDROLÓGICA DEL SIGLO XX – REP. ARG. (2000) – SRHN - EVARSA

HIDRÁULICA DE LOS CANALES ABIERTOS- (1990) – VEN TE CHOW

HIDROLOGÍA APLICADA, (1994) - VEN TE CHOW; MAIDMENT, MAYS

INSTITUTO DE TRANSPORTE – MEDICIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS EN ALCANTARILLAS A  
TRAVÉS DE MÉTODOS INDIRECTOS (1968) - G.L.BODHAINE-

INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR (IGM) - CARTAS TOPOGRAFICAS - ESC. 1 : 100.000

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM) - CARTA IMAGEN SATELITAL - LAND SAT –

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA CORRIENTES) - DATOS DE  
PRECIPITACIONES DE LA ESTACIÓN MERCEDES.

FITOGEOGRAFÍA DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES, ROMEO CARNEVALI, 1994 - (INTA)



SERVICIO DE CARTOGRAFÍA Y FOTOINTERPRETACIÓN - DIRECCIÓN PROVINCIAL DE CATASTRO -  
CARTAS EN ESCALA 1:100.000 Y 1:50.000

MAPA DE ISOHIETAS PROVISTA POR EL INTA, MAPAS DE GOOGLE EARTH, CARTA  
GEOMORFOLOGICAS PROVISTAS POR EL ICAA, CARTA DE SUELOS PRIVISTO POR EL INTA

INFLACIÓN HISTÓRICA 2024 - INDEC – IPC

COSTO DE LA SINIESTRALIDAD VIAL / PBI - DNOV - 2024

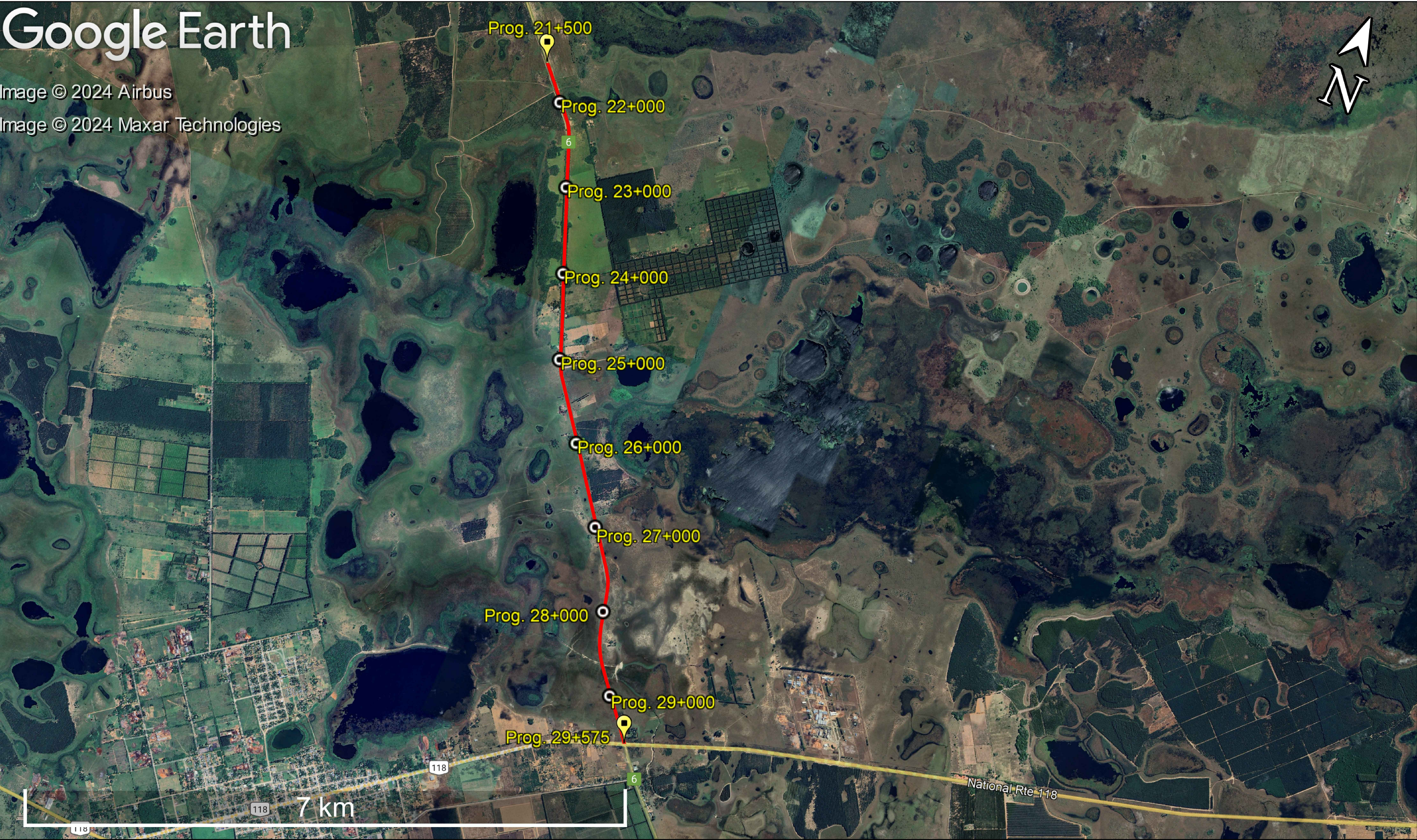


# ANEXO



Google Earth

Image © 2024 Airbus  
Image © 2024 Maxar Technologies

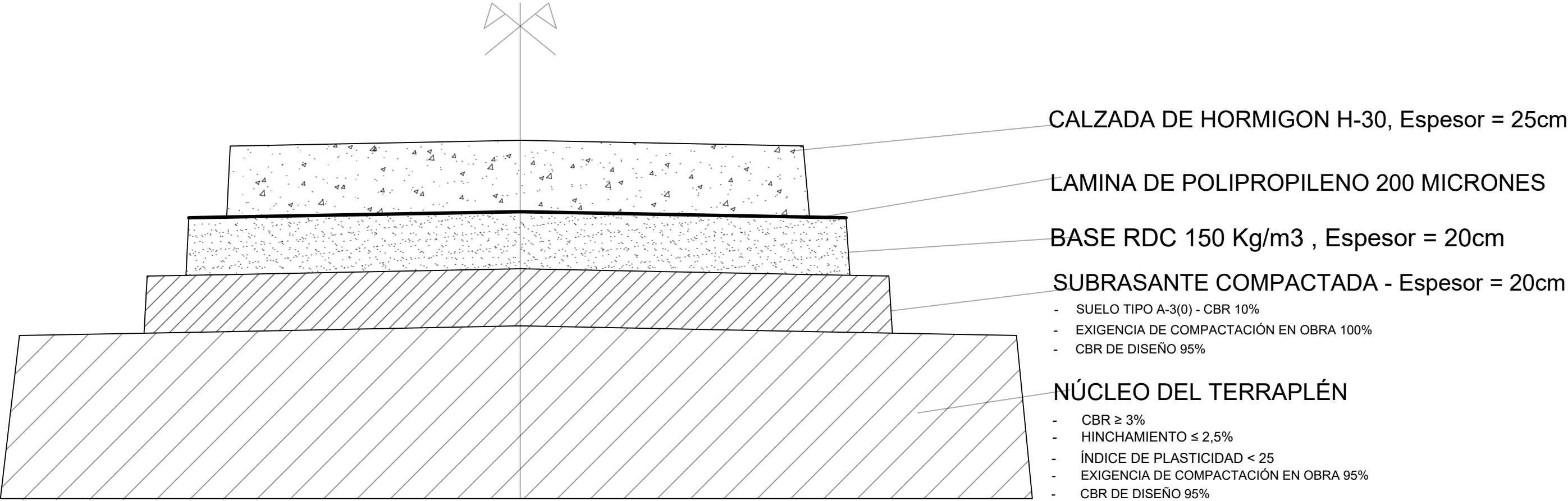


UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"	
PLANO = PLANIMETRIA GENERAL	
AUTORES:	
MOSQUEDA MARIANO	AÑO 2024
VERRASTRO GENARO	ESCALA S/N
	PLANO N° 1



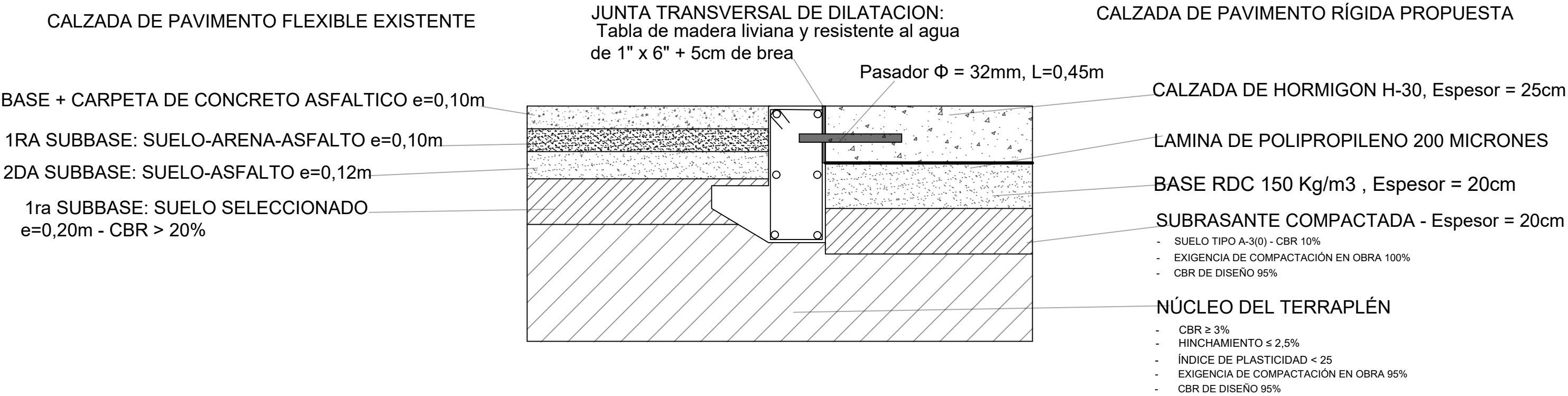


PAQUETE ESTRUCTURAL DEFINIDO PAVIMENTO TIPO RIGIDO

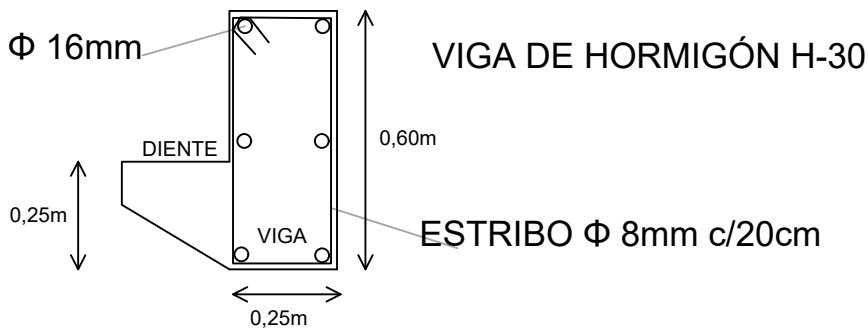


UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA		
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"		
PLANO = PAQUETE ESTRUCTURAL		
AUTORES: MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO	AÑO 2024 ESCALA S/N PLANO N°2	

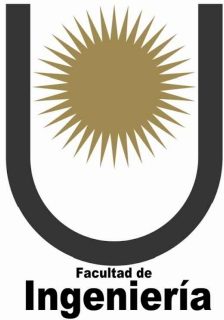
# DETALLE ENCUESTRO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RIGIDO



DETALLE VIGA VINCULACION PAV FLEX - PAV RIGIDO



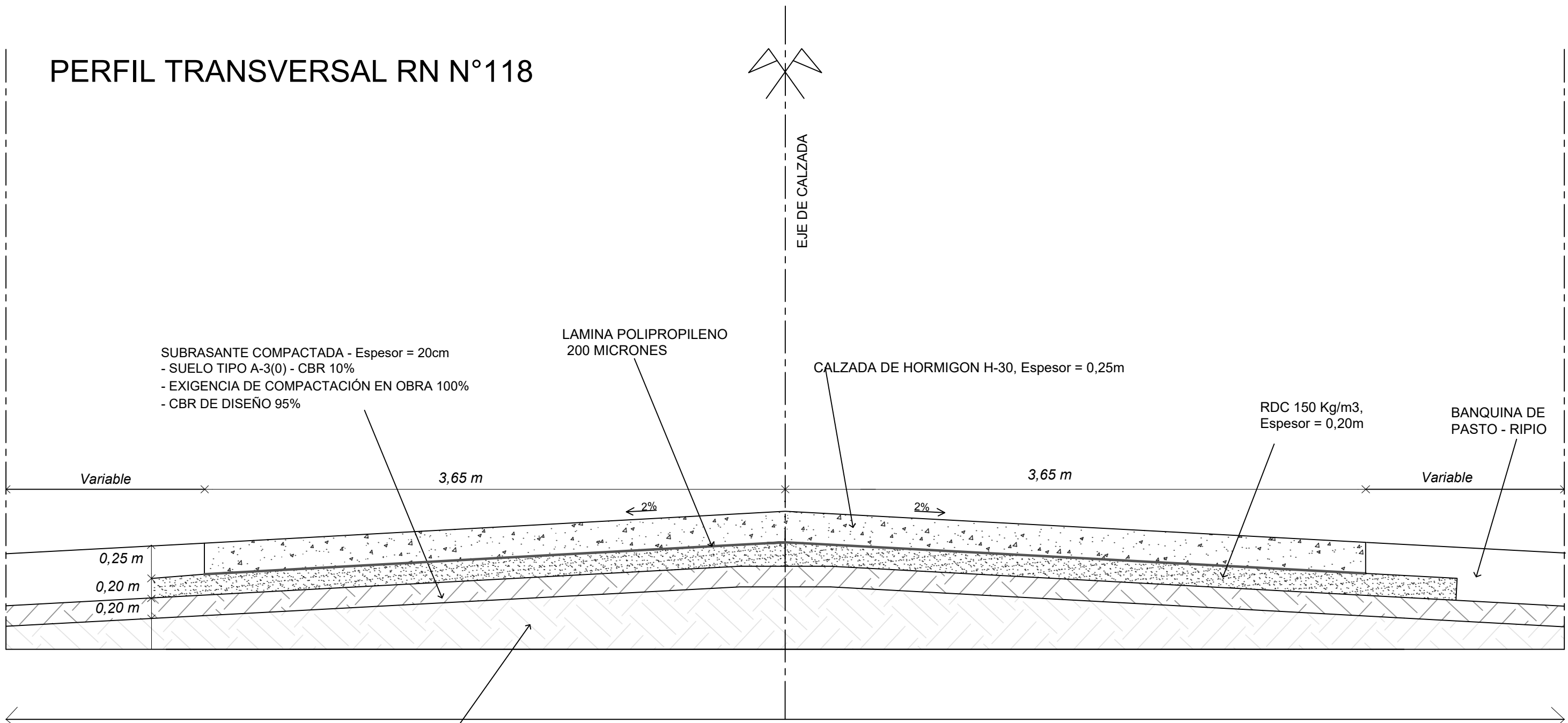
UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"	
PLANO = DETALLE ENCUESTRO PAVIMENTO FLEXIBLE - RÍGIDO	
AUTORES: MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO	AÑO 2024 ESCALA S/N PLANO N°3



L.M

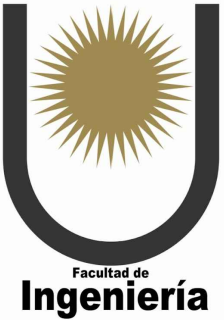
# PERFIL TRANSVERSAL RN N°118

L.M



- NÚCLEO DEL TERRAPLÉN
- CBR  $\geq$  3%
  - HINCHAMIENTO  $\leq$  2,5%
  - ÍNDICE DE PLASTICIDAD < 25
  - EXIGENCIA DE COMPACTACIÓN EN OBRA 95%
  - CBR DE DISEÑO 95%

UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"	
PLANO = PERFIL TIPO R.N. N°118	
AUTORES: MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO	AÑO 2024 ESCALA S/N PLANO N° 4







EJE CENTRAL DE LA ISLETA

- SUBRASANTE COMPACTADA - Espesor = 20cm
- SUELO TIPO A-3(0) - CBR 10%
- EXIGENCIA DE COMPACTACIÓN EN OBRA 100%
- CBR DE DISEÑO 95%

ISLETA CENTRAL  
Vegetacion

CORDONES MONTABLE

CALZADA DE HORMIGON H-30, Espesor = 0,25m

LAMINA POLIPROPILENO  
200 MICRONES

Isleta central

1,5 m

6 m

Variable

BANQUINA DE  
PASTO - RIPIO

3%

2%

DELANTAL DE CAMIONES  
H-30  
Espesor= 0,25m

RDC 150 Kg/m3,  
Espesor = 0,20m

- NÚCLEO DEL TERRAPLÉN
- CBR  $\geq$  3%
  - HINCHAMIENTO  $\leq$  2,5%
  - ÍNDICE DE PLASTICIDAD  $<$  25
  - EXIGENCIA DE COMPACTACIÓN EN OBRA 95%
  - CBR DE DISEÑO 95%

## UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN  
RN N°118"

PLANO = PERFIL TIPO EN LA ROTONDA

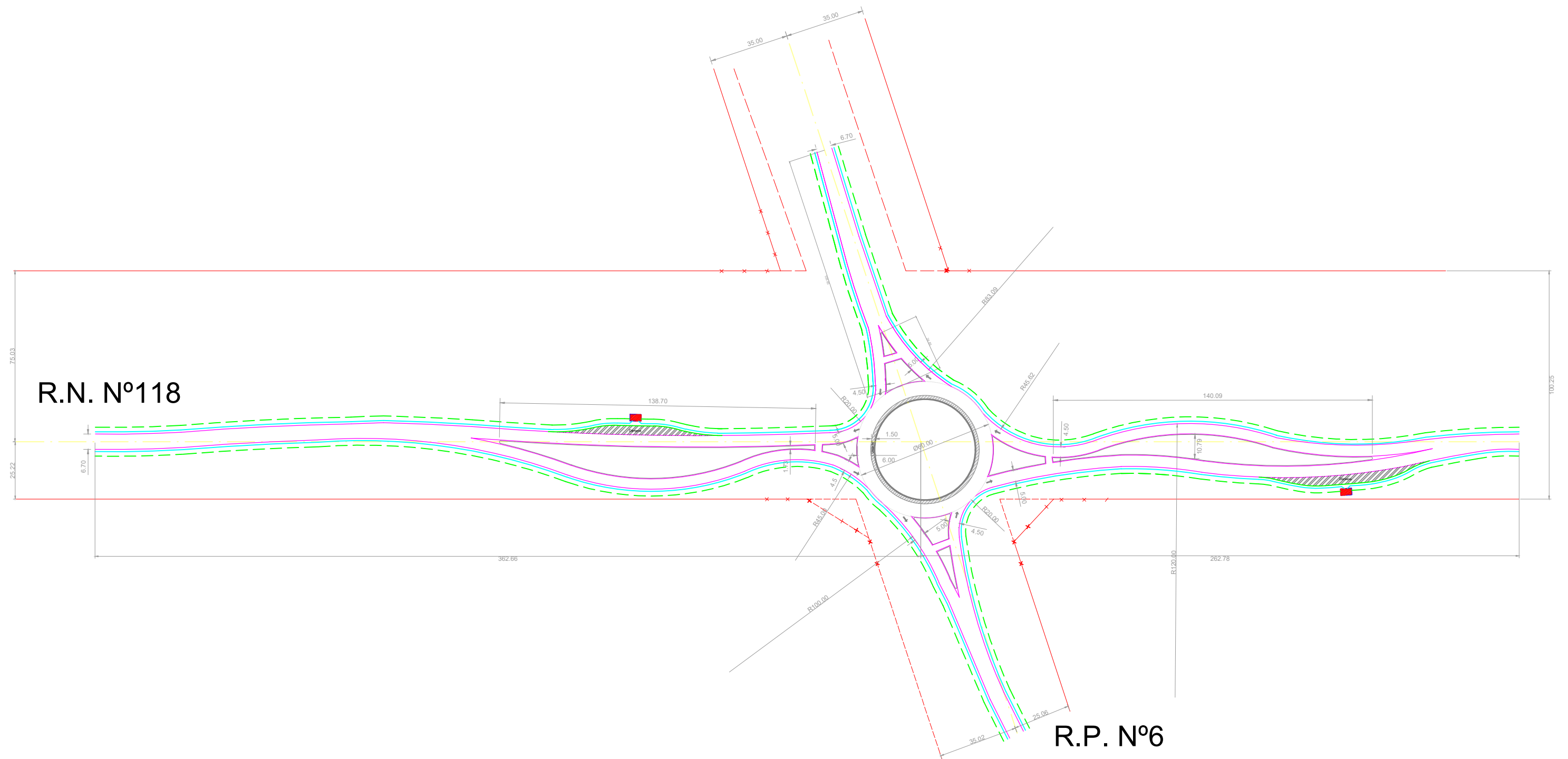
AUTORES: MOSQUEDA MARIANO  
VERRASTRO GENARO

AÑO 2024  
ESCALA: S/N  
PLANO N° 5



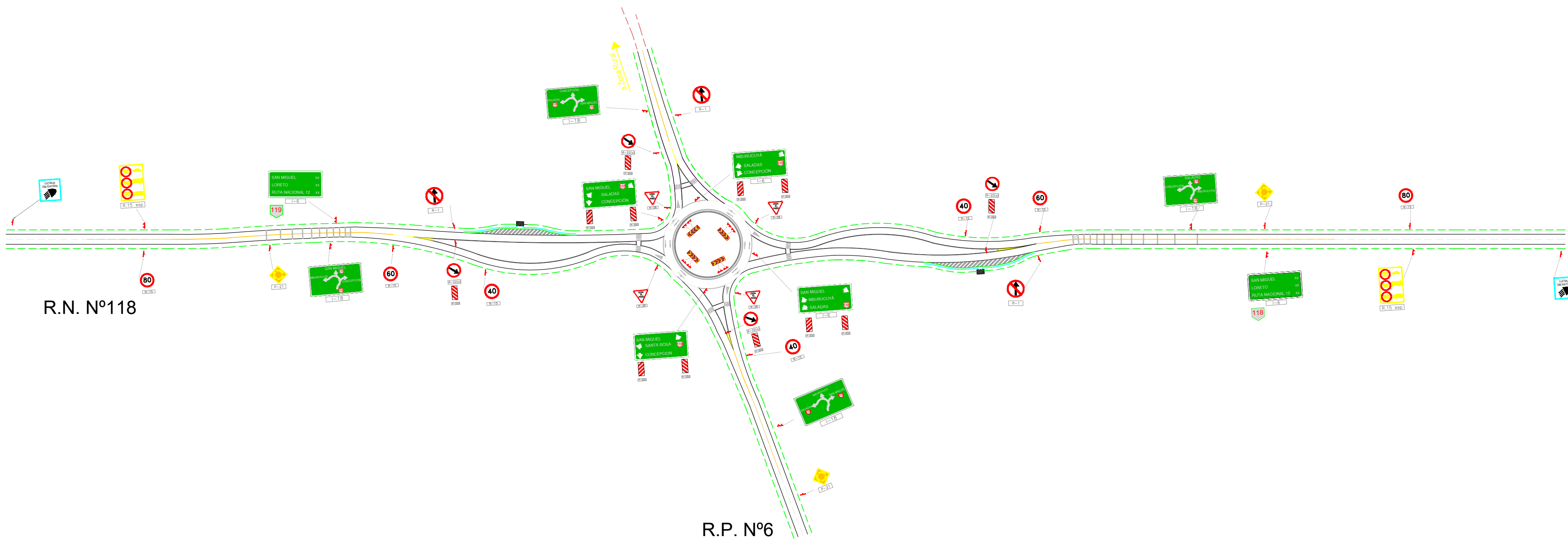
# Diseño Geometrico Rotonda

## R.N. N°118 Y R.P. N°6



UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA		
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 y RP N°6 "		
PLANO = DISEÑO GEOMETRICO DE LA ROTONDA		
AUTORES: MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO	ESCALA 1:1750 PLANO N° 6	

SEÑALAMIENTO  
HORIZONTAL Y VERTICAL  
R.N. N°118 Y R.P. N°6



UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 y RP N°6 "	
PLANO = SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL	
AUTORES: MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO	ESCALA 1:2 PLANO N° 7 AÑO 2024



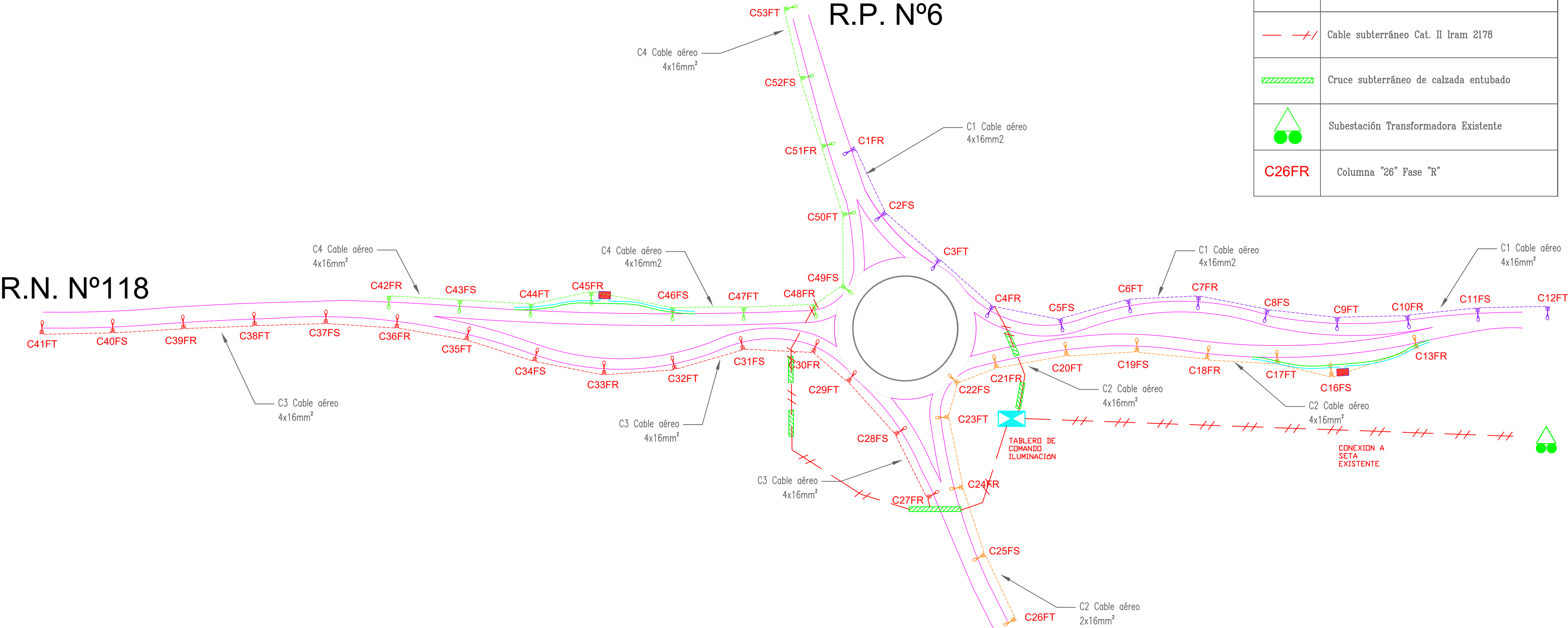
# ILUMINACION

## R.N. N°118 Y R.P. N°6

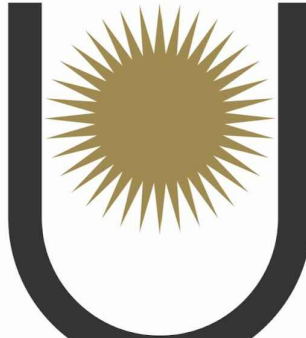
### REFERENCIAS

SIMBOLO	DESCRIPCION	ESPACIAMIENTO	CANTIDAD	CIRCUITO	DISTANCIA AL BORDE DE CALZADA
	Col.9m libre, Brazo simple 2.50 mts - 150W	30m	12	C1	3 mts
	Col.9m libre, Brazo simple 2.50 mts - 150W	30m	12	C2	3 mts
	Col.9m libre, Brazo simple 2.50 mts - 150W	30m	14	C3	3 mts
	Col.9m libre, Brazo simple 2.50 mts - 150W	30m	10	C4	3 mts

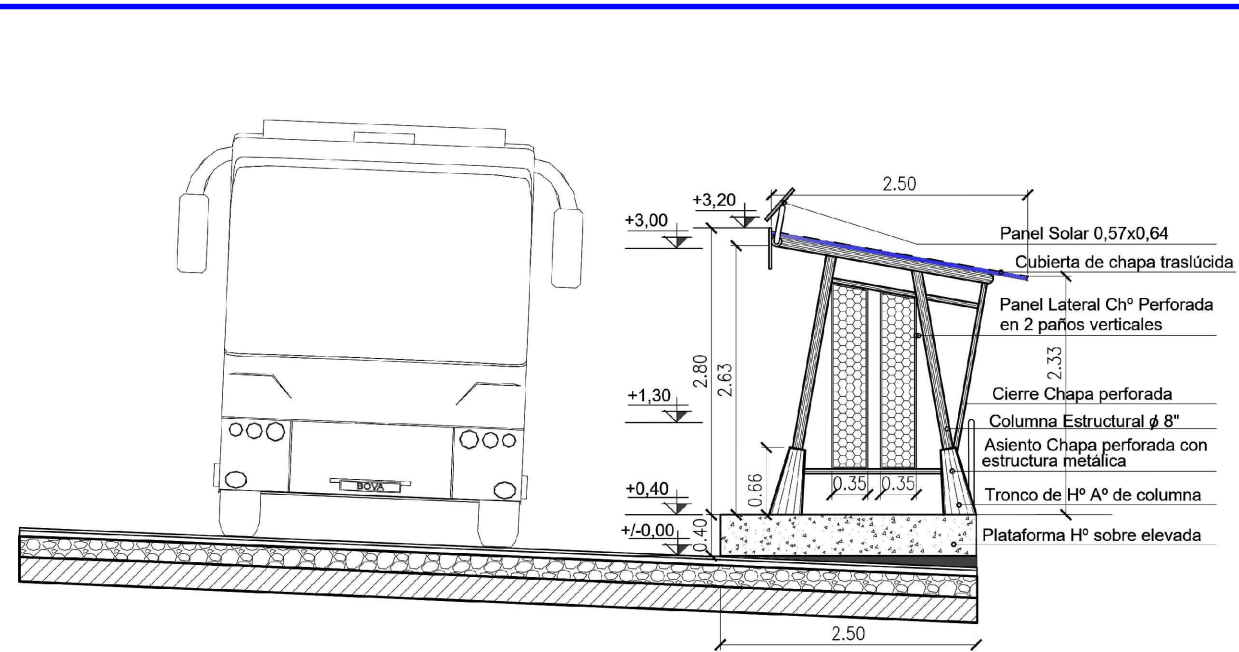
	T.G. Tablero general de comando y protección (4 cir.)
	Cable subterráneo Cat. II Iram 2178
	Cruce subterráneo de calzada entubado
	Subestación Transformadora Existente
	Columna "26" Fase "R"



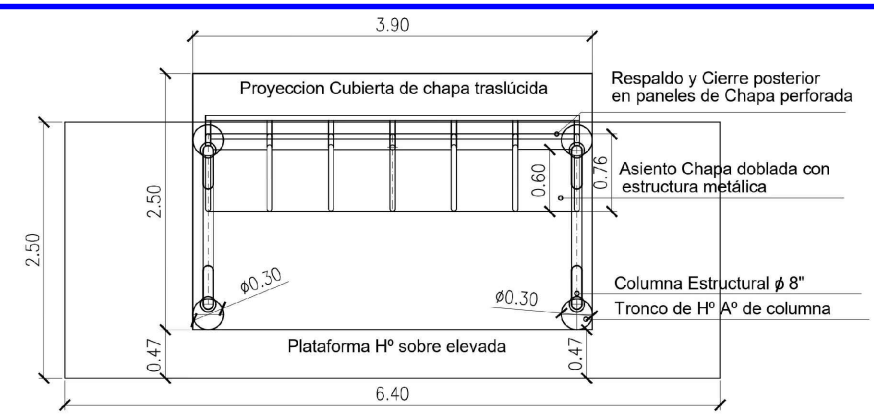
UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA		
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6 Y INTERVENCIÓN DE LA RP N°6 ACCESO A MBURUCUYA"		
PLANO =		ILUMINACION
AUTORES:	MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO	ESCALA 1:1750  PLANO N° 8  AÑO 2024



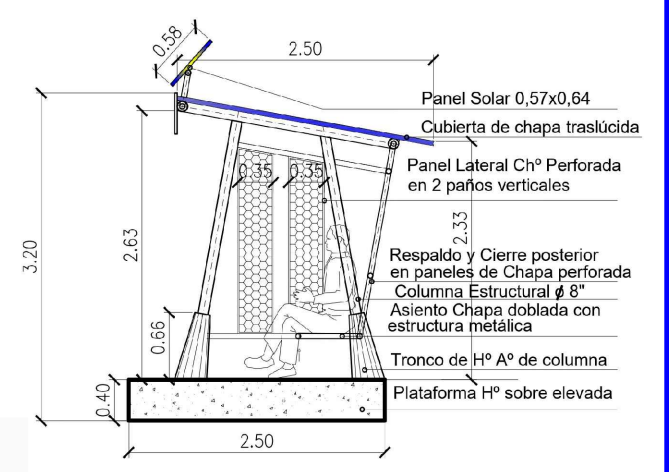
Facultad de  
**Ingeniería**



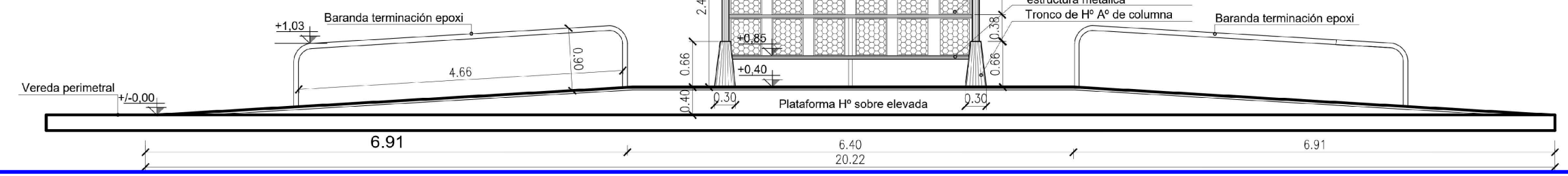
VISTA LATERAL



PLANTA REFUGIO



CORTE REFUGIO



UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN  
RN N°118 - RP N°6 Y INTERVENCIÓN DE LA RP N°6 ACCESO A MBURUCUYA"

PLANO = DETALLES DE REFUGIO DE PEATONES

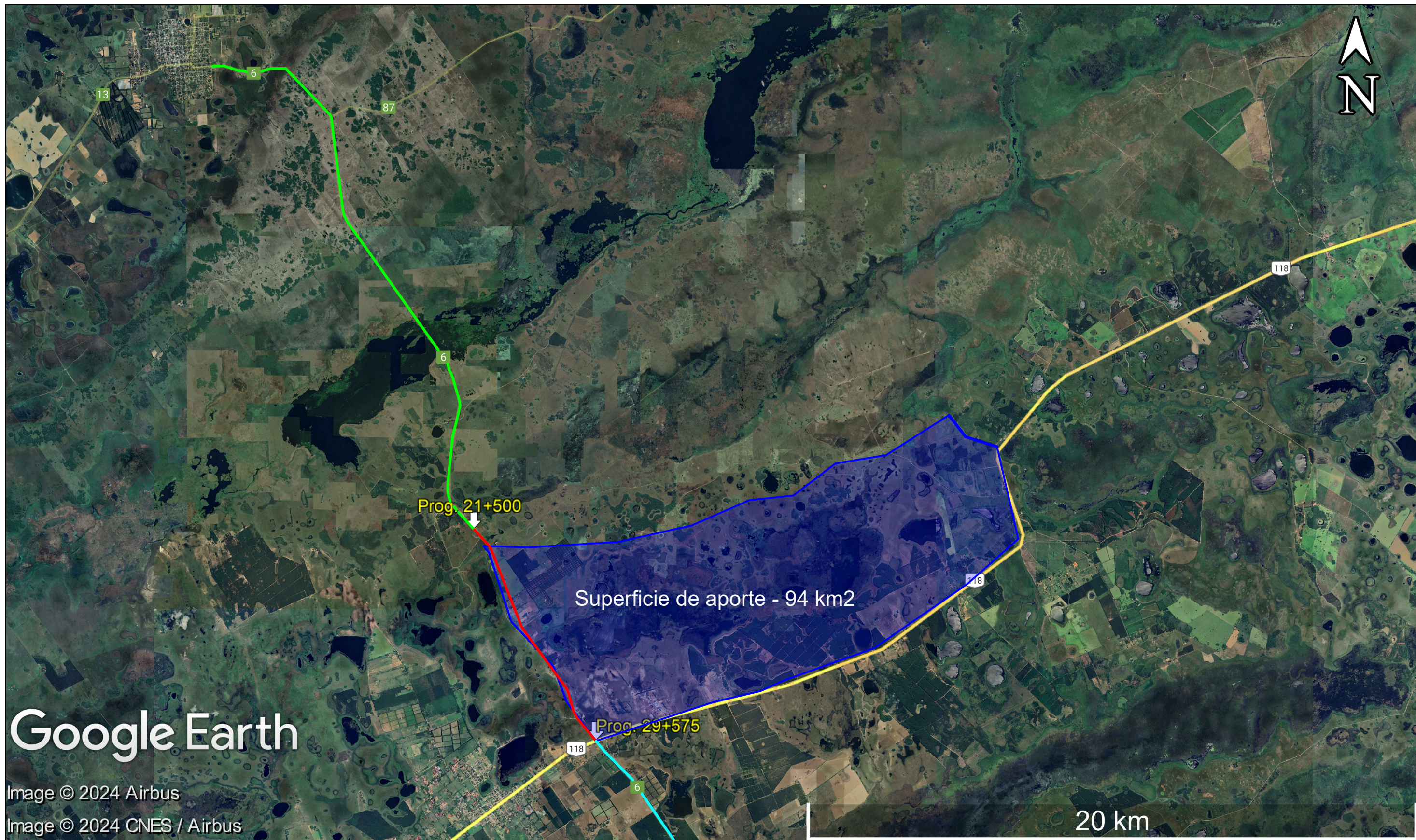
AUTORES: MOSQUEDA MARIANO  
VERRASTRO GENARO

ESCALA S/N  
PLANO N° 9

AÑO  
2024







REFERENCIAS	
Acceso a Concepción:	
R.P. N° 6	
Acceso a Mburucuyá:	
R.P. N°6 - Tramo N° 1 a Intervenir (8,1 km)	
R.P N°6 - Tramo N°2	
Cuenca de aporte al tramo N°1:	
Superficie de aporte - 94 km2	

UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"	
PLANO = PLANIMETRÍA GENERAL - SUBCUENCA DE APOORTE	
AUTORES:	
MOSQUEDA MARIANO	
VERRASTRO GENARO	
AÑO 2024	
ESCALA S/N	
PLANO N°10	







Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios  
Secretaría de Obras Públicas  
Subsecretaría de Recursos Hídricos



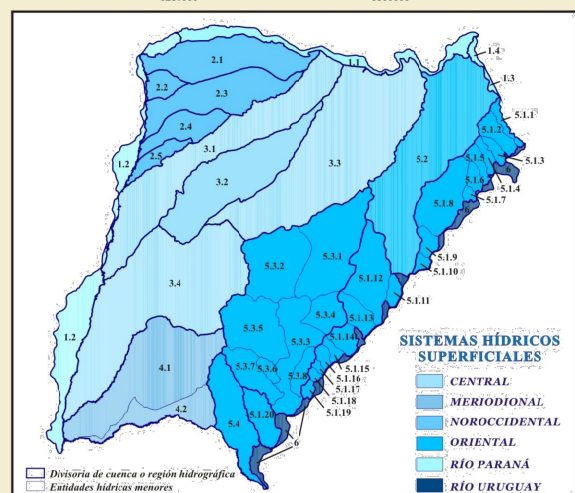
Provincia de Corrientes  
Instituto Correntino del Agua y del Ambiente

# Mapa de los Recursos Hídricos Superficiales de la

## PROVINCIA DE CORRIENTES



- ### CUENCAS Y REGIONES HÍDRICAS SUPERFICIALES
- Aporte directo al río Paraná**
    - 1.1 Valle aluvial del río Paraná aguas arriba de su confluencia con el río Uruguay
    - 1.2 Valle aluvial del río Paraná aguas abajo de su confluencia con el río Uruguay
    - 1.3 Cuenca del arroyo Pindapoy Grande
    - 1.4 Cuenca del arroyo Itambé
  - Noroccidental**
    - 2.1 Región del arroyo Riachuelo
    - 2.2 Región de los arroyos Castillo, Sombrero, Ahoma y afluentes menores del Paraná
    - 2.3 Región del arroyo Empedrado y arroyos menores que aportan al río Paraná
    - 2.4 Región del arroyo San Lorenzo
    - 2.5 Región del arroyo Ambrosio
  - Central**
    - 3.1 Región del río Santa Lucía
    - 3.2 Región de los esteros del Batel y Batelito
    - 3.3 Región de los esteros del Iberá
    - 3.4 Región del río Corriente
  - Meridional**
    - 4.1 Región del arroyo Barrancas
    - 4.2 Región del río Guayquiraró
  - Oriental**
    - 5.1 Cuenca menores tributarias del río Uruguay, en la Provincia de Corrientes:
      - 5.1.01 Cuenca del arroyo Chirimay
      - 5.1.02 Cuenca del arroyo Garabí
      - 5.1.03 Cuenca del arroyo Ciriaco
      - 5.1.04 Cuenca del arroyo Yohara
      - 5.1.05 Cuenca del arroyo Oca
      - 5.1.06 Cuenca del bañado Pariopa o Caza Pava
      - 5.1.07 Cuenca del bañado Ita - Cuá
      - 5.1.08 Cuenca del arroyo Cuny Grande
      - 5.1.09 Cuenca del bañado Timbo
      - 5.1.10 Cuenca del bañado Santa Ana
      - 5.1.11 Cuenca del arroyo Estingana y de la cañada Colorada
      - 5.1.12 Cuenca del arroyo Guayiraví
      - 5.1.13 Cuenca del arroyo Tapebicú
      - 5.1.14 Cuenca del arroyo Yatay
      - 5.1.15 Cuenca del arroyo Casily Quile
      - 5.1.16 Cuenca del arroyo San Joaquín
      - 5.1.17 Cuenca del arroyo Chumicuá
      - 5.1.18 Cuenca del arroyo Santa Ana
      - 5.1.19 Cuenca del arroyo Asencio
      - 5.1.20 Cuenca del arroyo Timboy
    - 5.2 Cuenca del río Aguapey
    - 5.3 Cuenca del río Miraflores
      - 5.3.1 Cuenca propia del río Miraflores y afluentes menores aguas arriba de la confluencia del arroyo Ayuí Grande
      - 5.3.2 Subcuenca del arroyo Ayuí Grande
      - 5.3.3 Cuenca propia del río Miraflores y afluentes menores, aguas abajo de la confluencia del arroyo Ayuí Grande
      - 5.3.4 Subcuenca del arroyo Quiyati
      - 5.3.5 Subcuenca del arroyo Yaguari
      - 5.3.6 Subcuenca del arroyo Yupa
      - 5.3.7 Subcuenca del arroyo Curuzú Cuatía
      - 5.3.8 Subcuenca del arroyo Ayuí
      - 5.3.9 Subcuenca del río Mocoré
    - 5.4 Cuenca del río Mocoré
  - Aporte directo al río Uruguay**



SIMBOLOGÍA	
	12 Ruta Nacional
	126 Ruta Provincial
	Límite de Sistema Hídrico
	Límite de Cuenca o Región Hídrica
	Límite de Subcuenca Hídrica

La información cartográfica de este mapa proviene del SIG-250 del Instituto Geográfico Militar.

Los límites políticos internacionales y provinciales se representan de acuerdo a la información oficial disponible.

Mapa aprobado por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) según expediente.

Convenio  
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación  
Instituto Correntino del Agua y del Ambiente  
de la Provincia de Corrientes

Año 2008

FOTOINTERPRETACIÓN	
	1. Curso fluvial
	2. Contacto ríos Paraná y Uruguay
	3. Cuerpo de agua
	4. Lomadas cribadas de lagunas
	5. Estero
	6. Parcelamiento Agrícola
	7. Área de afloramiento basáltico
	8. Área Forestal
	9. Presa
	10. Incendio
	11. Área Urbana

El mosaico ha sido elaborado utilizando imágenes Landsat ETM+ de los meses de enero y febrero de 2002. La imagen en colores se ha obtenido asignando el color rojo a la banda 3, el color verde a la banda 2 y el color azul a la banda 1.



### UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"

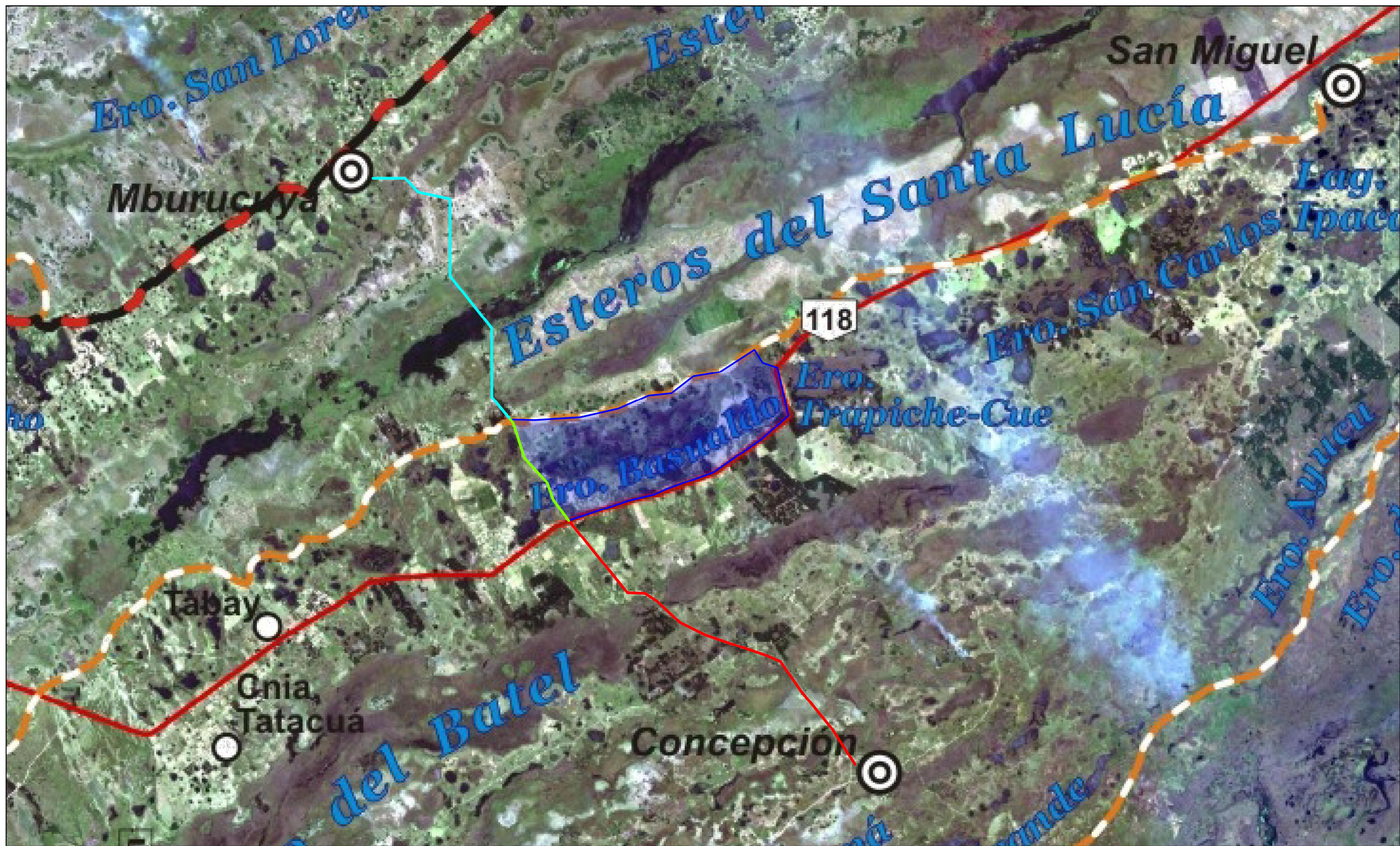
PLANO = MAPA DE RECURSOS HIDRICOS

AUTORES: MOSQUEDA MARIANO  
VERRASTRO GENARO

AÑO 2024  
ESCALA S/N  
PLANO N°11





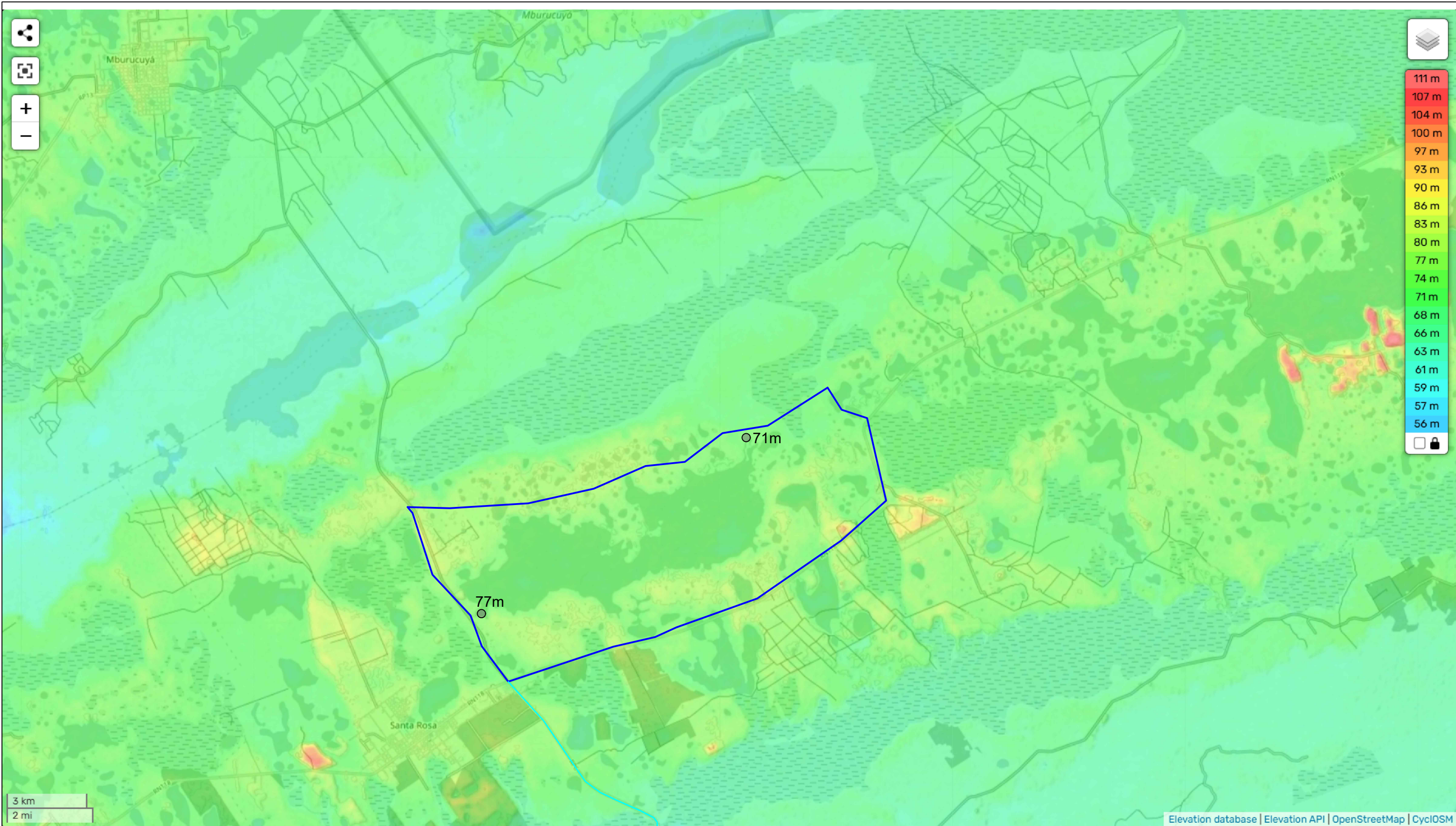


REFERENCIAS	
Acceso a Concepción:	
R.P. N° 6	
Acceso a Mburucuyá:	
R.P. N°6 - Tramo N° 1 a Intervenir (8,1 km)	
R.P N°6 - Tramo N°2	
Cuenca de aporte al tramo N°1:	
Superficie de aporte - 94 km2	

UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA		
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"		
PLANO = SUPERFICIE DE APORTE		
AUTORES:	MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO	AÑO 2024 ESCALA S/N PLANO N°12







#### REFERENCIAS

○ cota m.s.n.m

Cuenca de aporte al tramo en estudio:

Superficie de aporte - 94 km<sup>2</sup>

## UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA

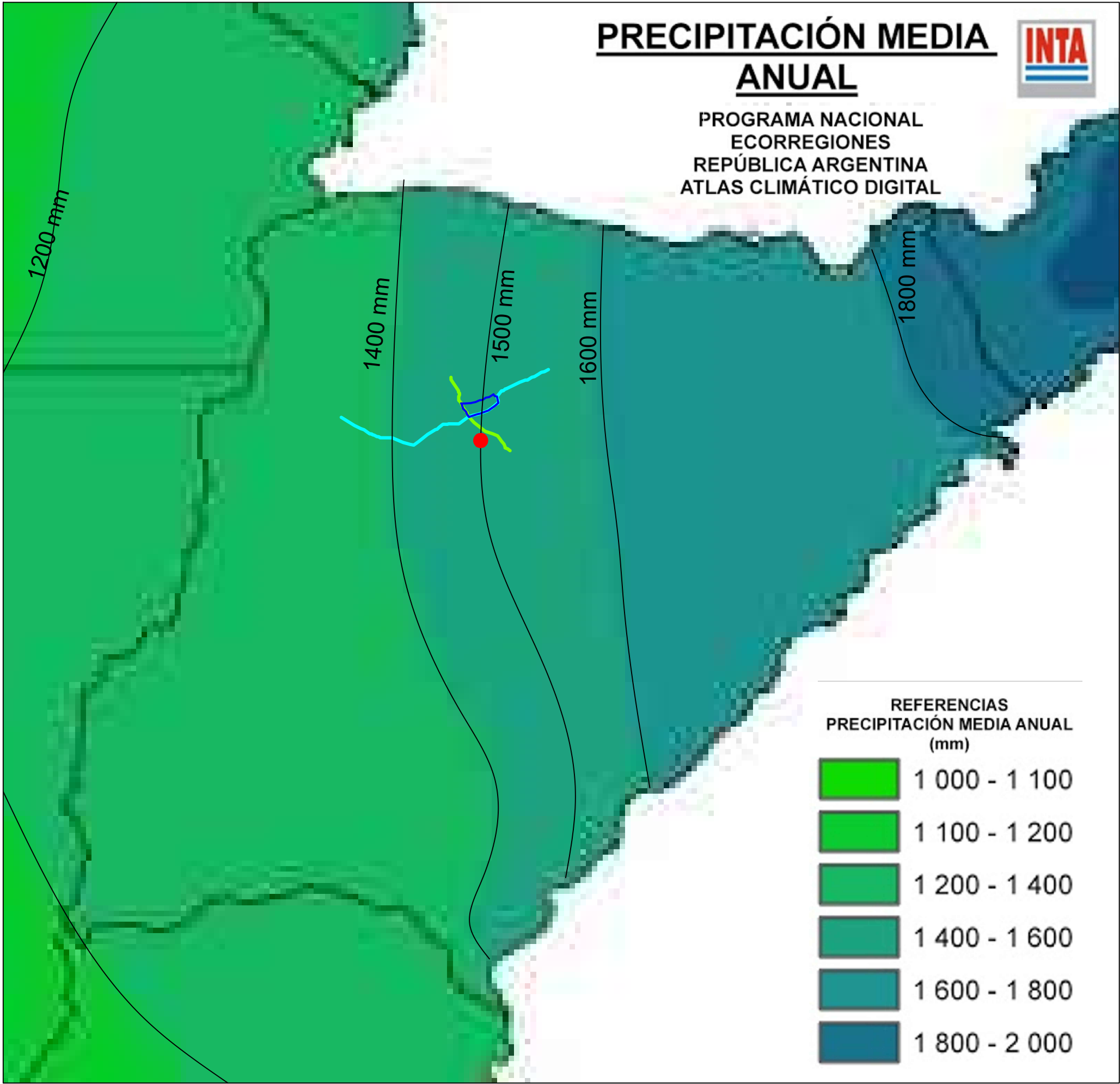
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"

PLANO = MAPA TOPOGRAFICO

AUTORES: MOSQUEDA MARIANO  
VERRASTRO GENARO

AÑO 2024  
ESCALA S/N  
PLANO N°13

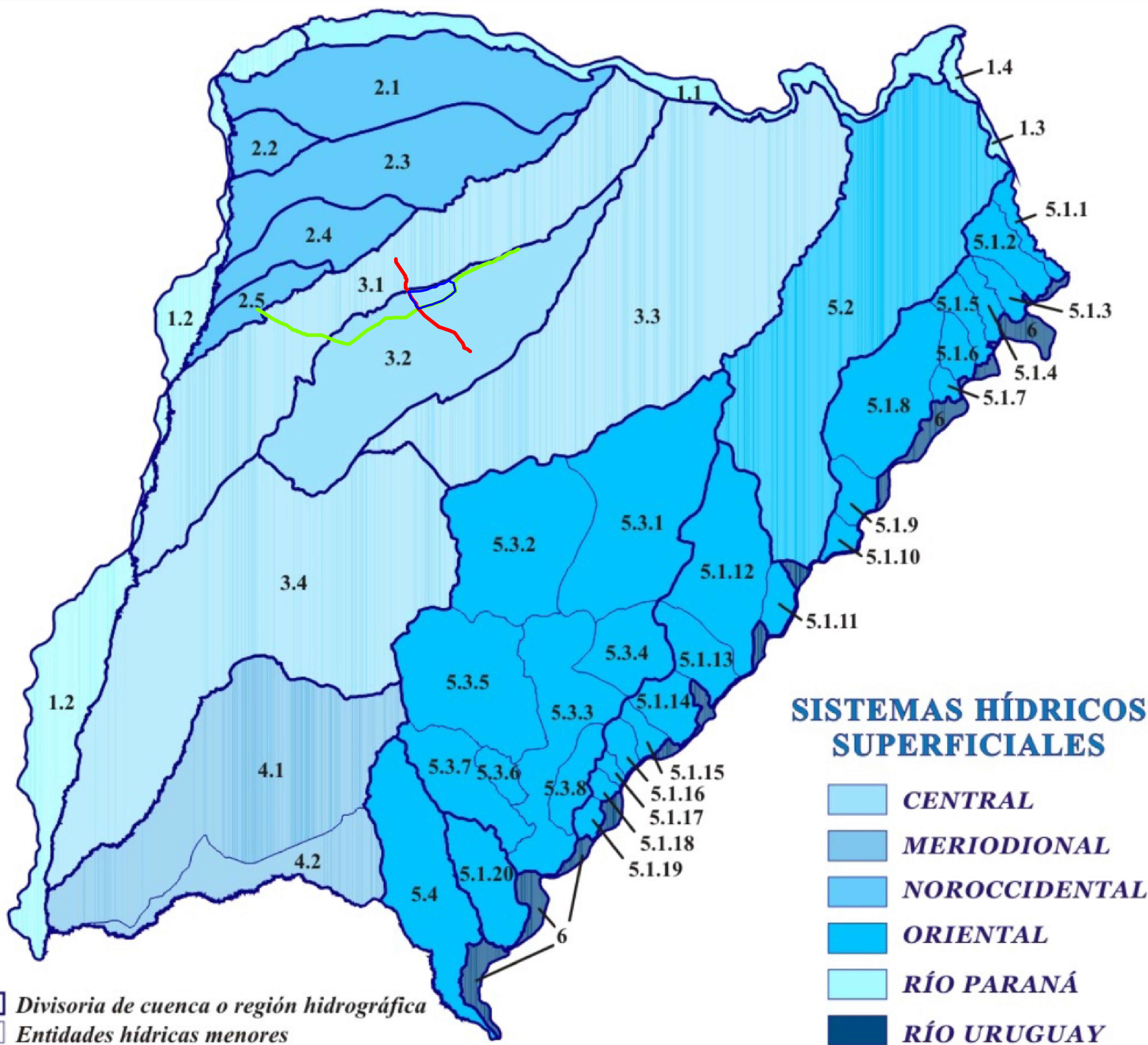




- REFERENCIAS
- R.N N° 118
- R.P N° 6
- Superficie de aporte al Tramo a intervenir
- Estación meteorológica Concepción

UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA			
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"			
PLANO = MAPA DE ISOHIETAS			
AUTORES:	MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO	AÑO 2024 ESCALA S/N PLANO N°14	






### 3 Central

- 3.1 Región del río Santa Lucía
- 3.2 Región de los esteros del Batel y Batelito
- 3.3 Región de los esteros del Iberá
- 3.4 Región del río Corriente

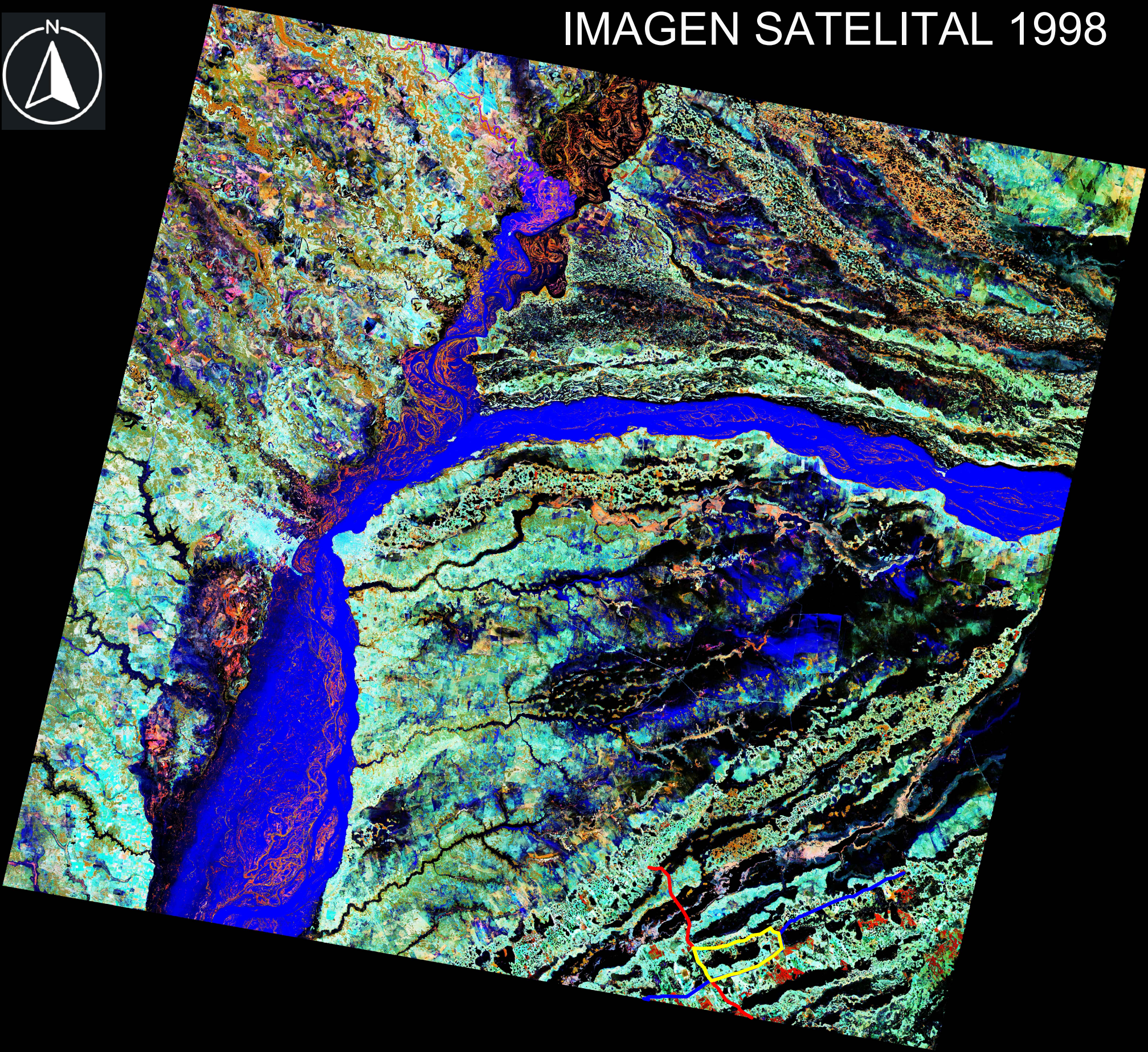
#### REFERENCIAS

- R.N N° 118
- R.P N° 6
- Superficie de aporte al Tramo en estudio

UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA		
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"		
PLANO = MAPA DE RECURSOS HIDRICOS		
AUTORES: MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO	AÑO 2024 ESCALA S/N PLANO N°15	



# IMAGEN SATELITAL 1998



## REFERENCIAS

R.P. N° 6

R.N. N°118

Cuenca de aporte al tramo en estudio

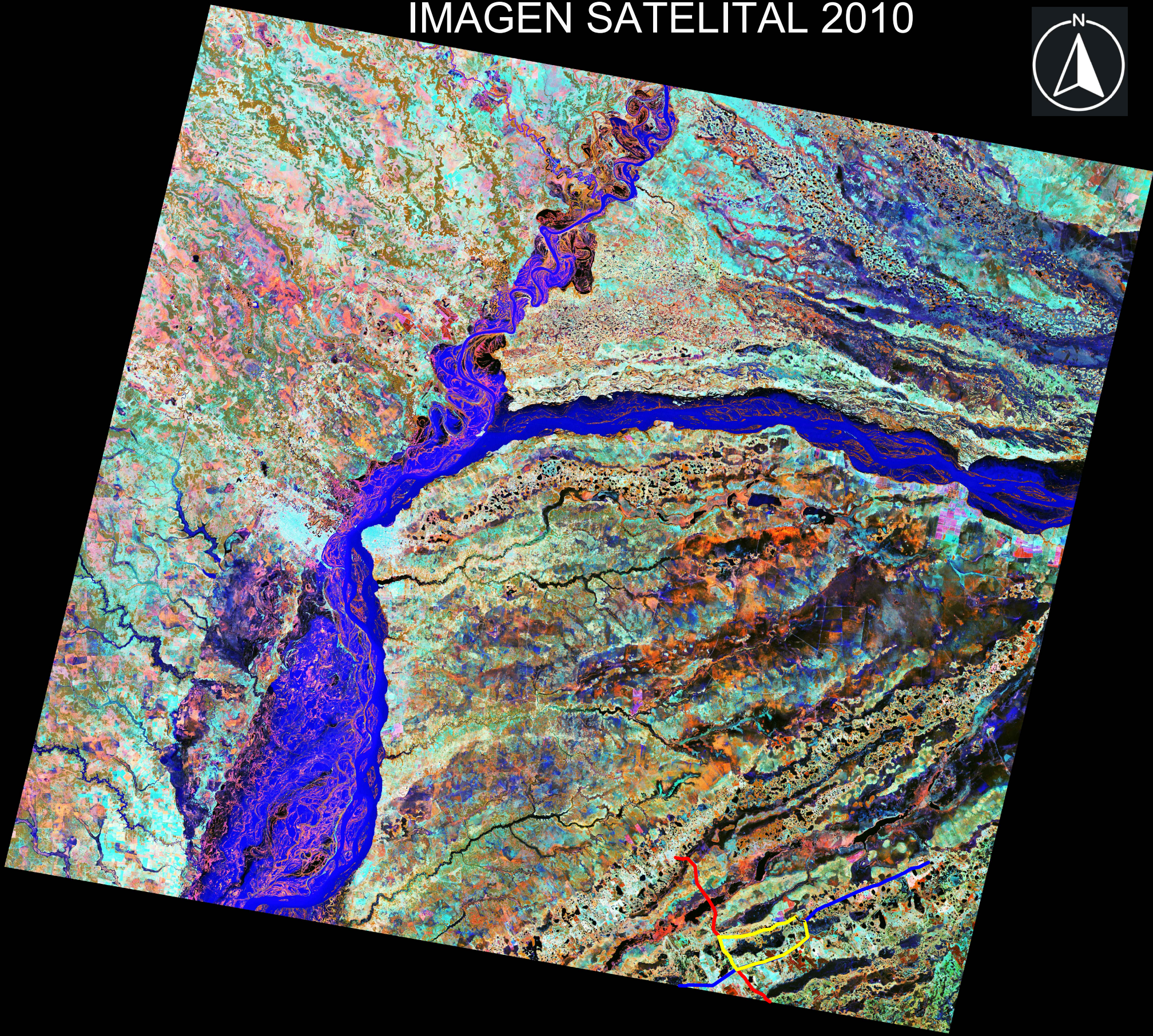
Superficie de aporte - 94 km2

UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"	
PLANO = IMAGEN SATELITAL AÑO 1998	
AUTORES:	MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO
	AÑO 2024 ESCALA S/N PLANO N°16





# IMAGEN SATELITAL 2010



## REFERENCIAS

R.P. N° 6

R.N. N°118

Cuenca de aporte al tramo en estudio

Superficie de aporte - 94 km2

UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"

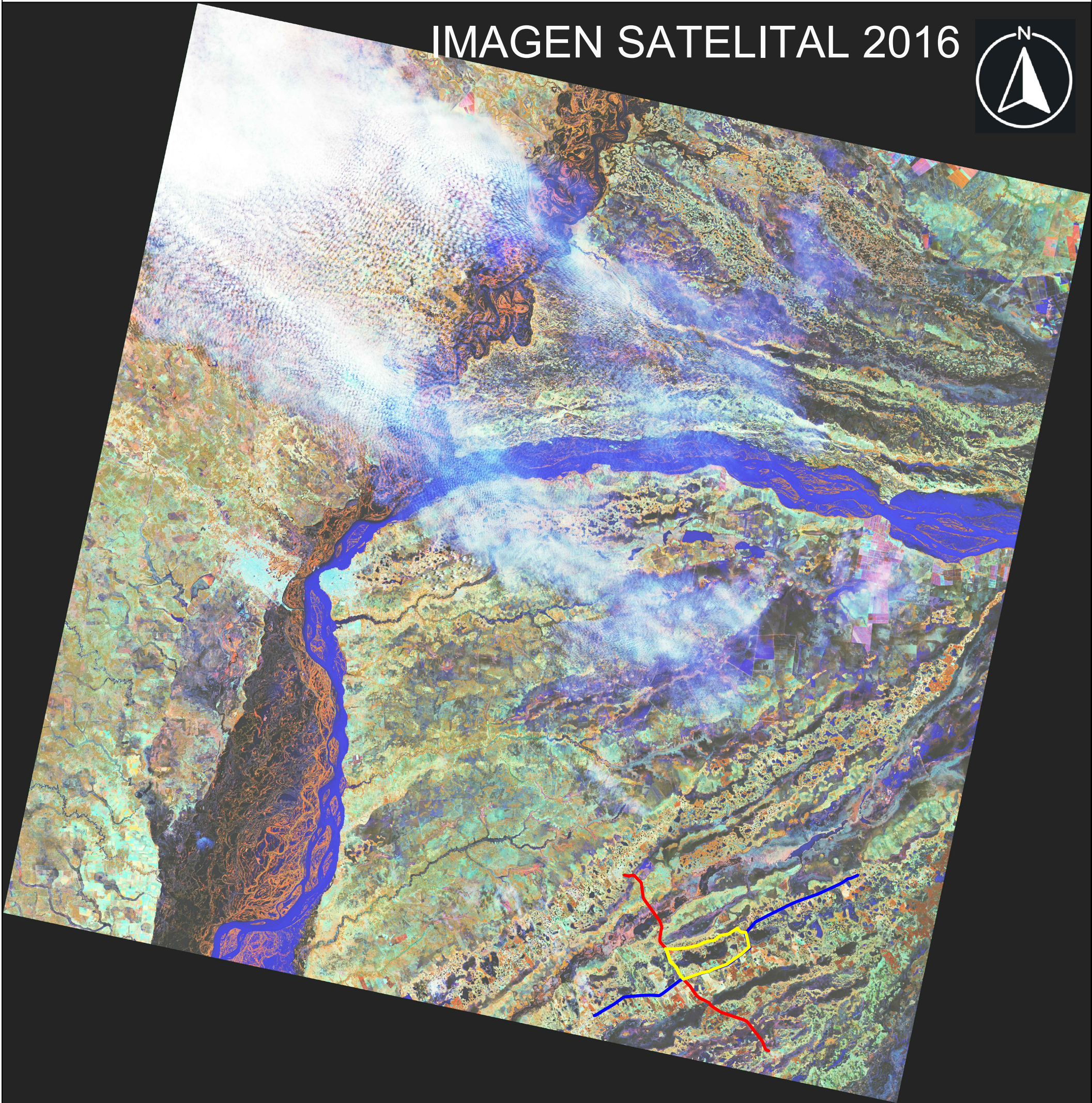
PLANO = IMAGEN SATELITAL AÑO 2010

AUTORES: MOSQUEDA MARIANO  
VERRASTRO GENARO

AÑO 2024  
ESCALA S/N  
PLANO N°17







REFERENCIAS

R.P. N° 6

R.N. N°118

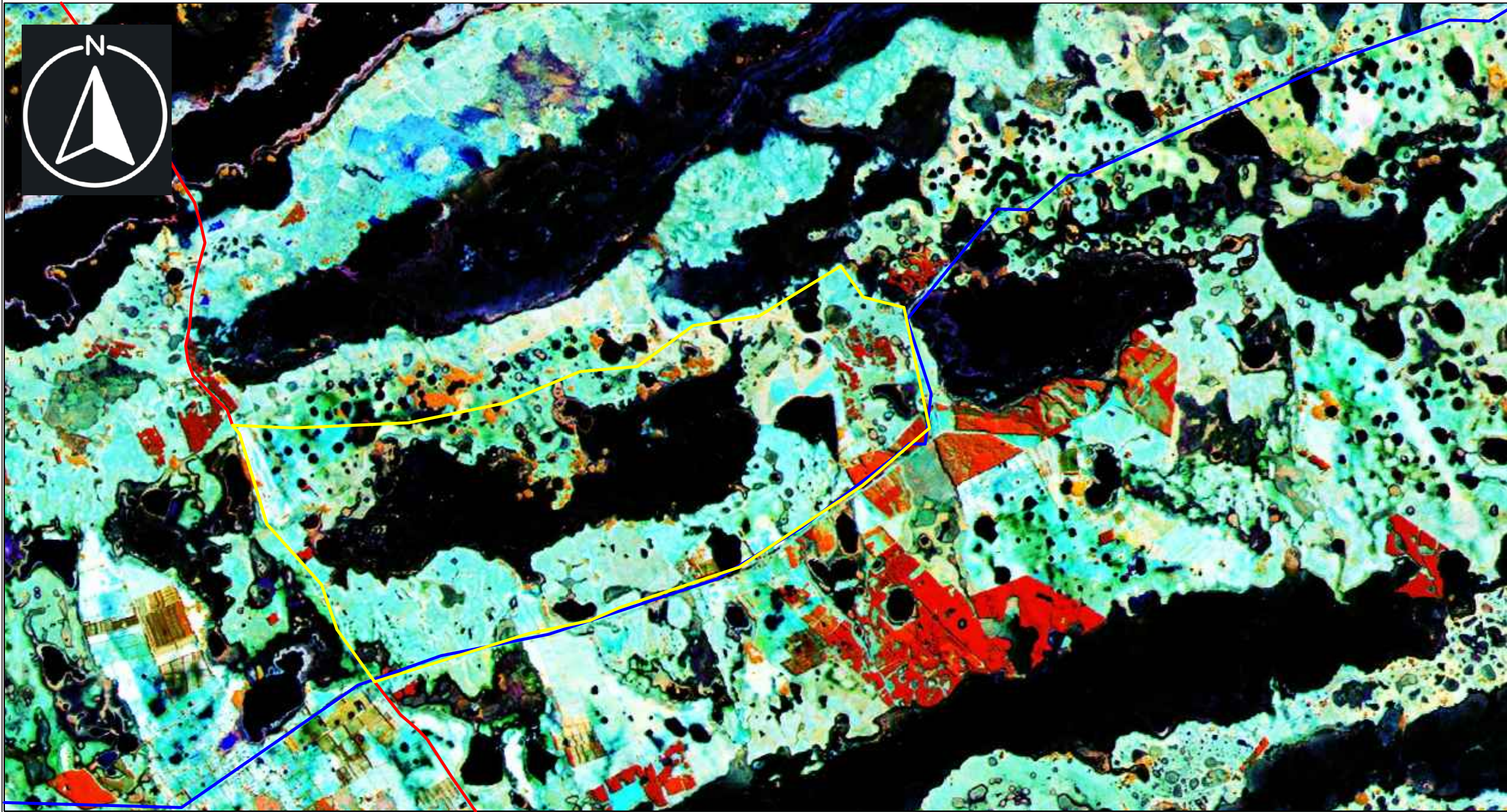
Cuenca de aporte al tramo en estudio

Superficie de aporte - 94 km2

UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"	
PLANO = IMAGEN SATELITAL AÑO 2016	
AUTORES:	MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO
	AÑO 2024 ESCALA S/N PLANO N°18







#### REFERENCIAS

- R.P. N° 6
- R.N. N°118
- Cuenca de aporte al tramo en estudio
- Superficie de aporte - 94 km<sup>2</sup>

#### UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"

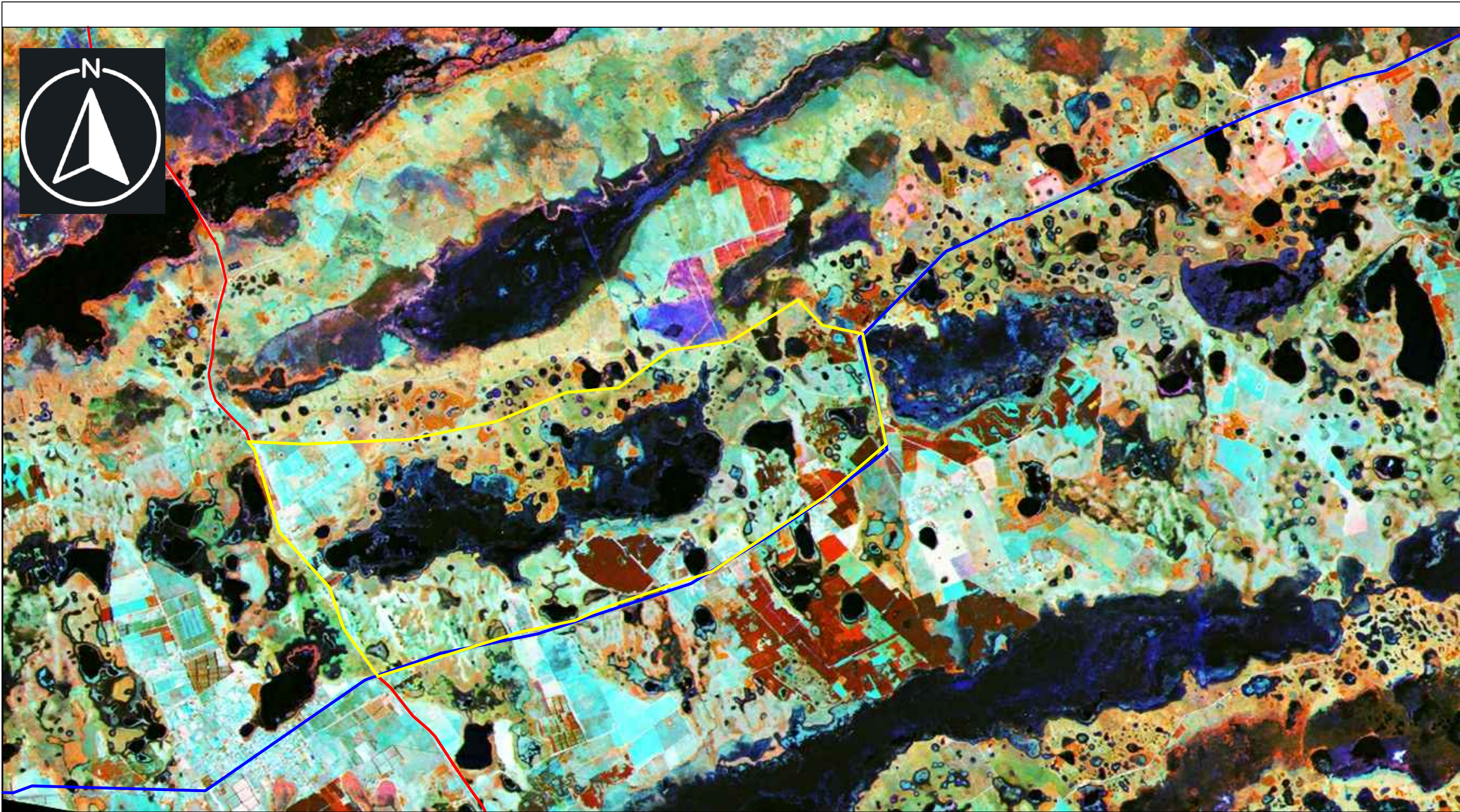
PLANO = SUBCUENCA DE APORTE - IMAGEN SATELITAL AÑO 1998

AUTORES: MOSQUEDA MARIANO  
VERRASTRO GENARO

AÑO 2024  
ESCALA S/N  
PLANO N°19







#### REFERENCIAS

- R.P. N° 6
- R.N. N°118
- Cuenca de aporte al tramo en estudio
- Superficie de aporte - 94 km2

#### UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"

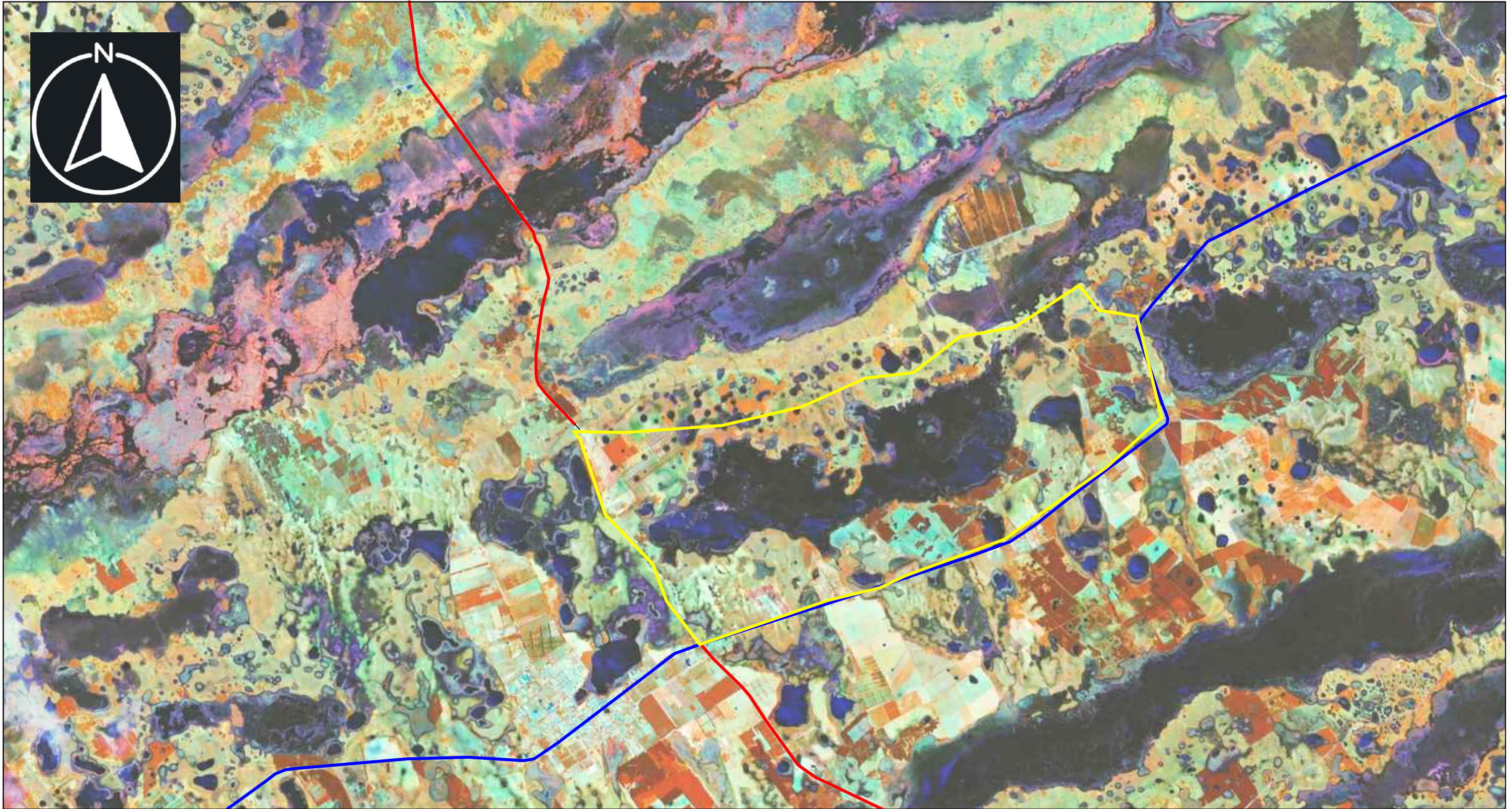
PLANO = SUBCUENCA DE APOORTE - IMAGEN SATELITAL AÑO 2010

AUTORES: MOSQUEDA MARIANO  
VERRASTRO GENARO

AÑO 2024  
ESCALA S/N  
PLANO N°20







#### REFERENCIAS

- R.P. N° 6
- R.N. N°118
- Cuenca de aporte al tramo en estudio
- Superficie de aporte - 94 km2

#### UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"

PLANO = SUBCUENCA DE APOORTE - IMAGEN SATELITAL AÑO 2016

AUTORES: MOSQUEDA MARIANO  
VERRASTRO GENARO

AÑO 2024  
ESCALA S/N  
PLANO N°21





# Google Earth

Image © 2024 Airbus  
Image © 2024 CNES / Airbus  
Image © 2024 Maxar Technologies



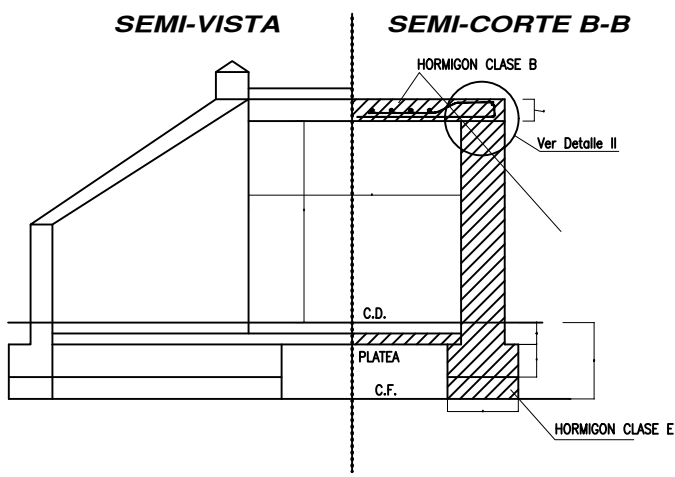
REFERENCIAS	
ALCANTARILLAS EXISTENTES	—
ALCANTARILLAS PROPUESTAS A CONSTRUIR	—
GRUPO DE MICROCUENCAS 1, 2, 3 Y 4	
1 44 - 45 - 46 - 47	3 39 - 40
2 42 - 43	4 38
UBICACIÓN DE OBRAS DE ARTE SOBRE LA TRAZA	

UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"	
PLANO = PLANIALTIMETRÍA GENERAL	
AUTORES:	MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO
AÑO 2024	ESCALA S/N PLANO N°22

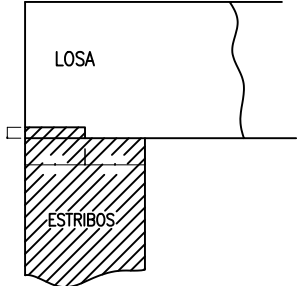




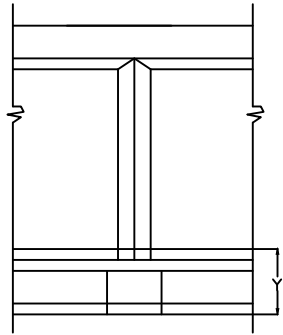
ALCANTARILLA RECTA



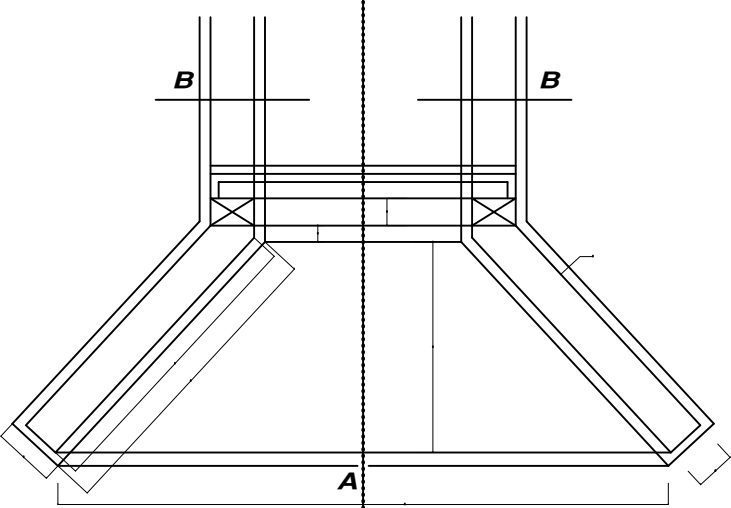
DETALLE II CORTE B-B (DIENTES EN LOS ESTRIBOS Y LOSAS)



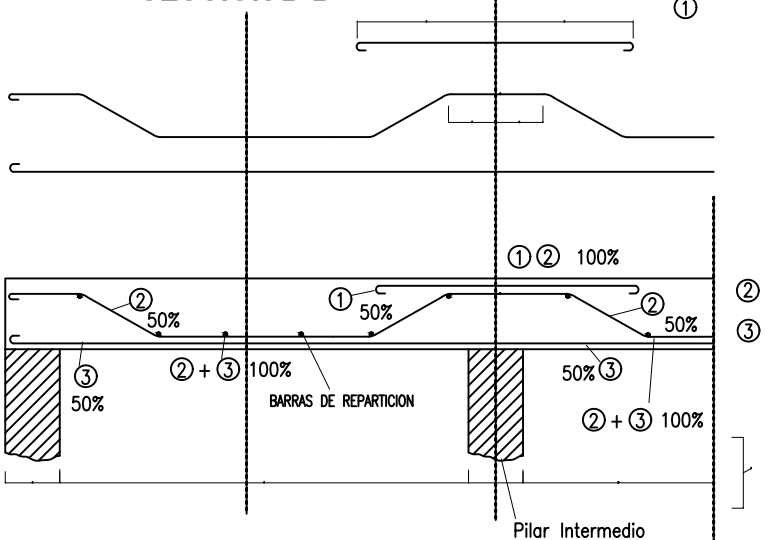
PILAR INTERMEDIO PARA LUCES MULTIPLES



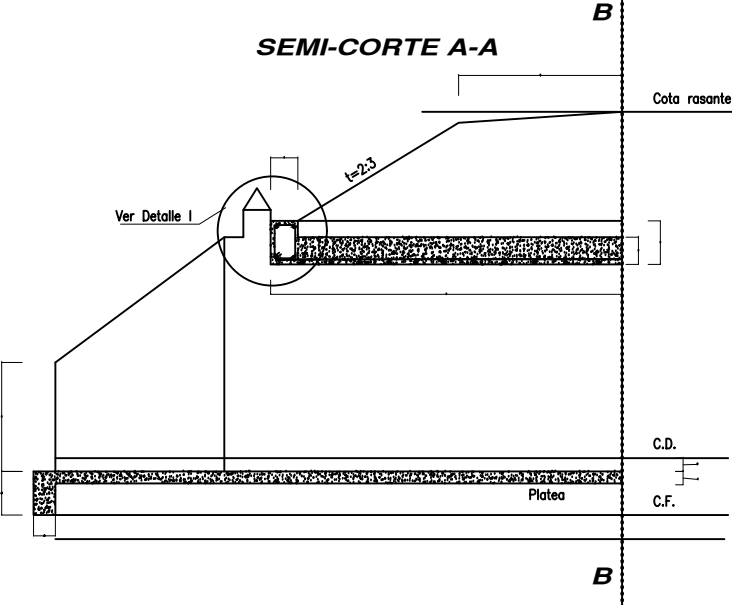
SEMI-PLANTA A



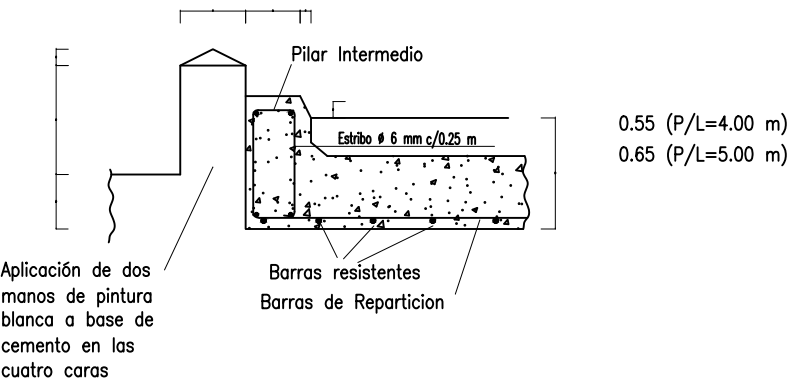
ARMADURA DE LA LOSA SECCION B-B



SEMI-CORTE A-A



DETALLE I CORTE A-A



Aplicación de dos manos de pintura blanca a base de cemento en las cuatro caras

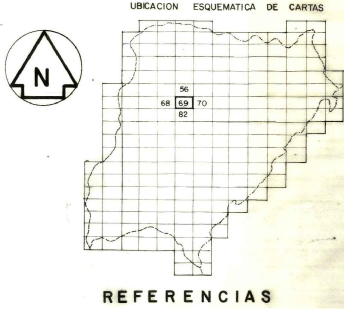
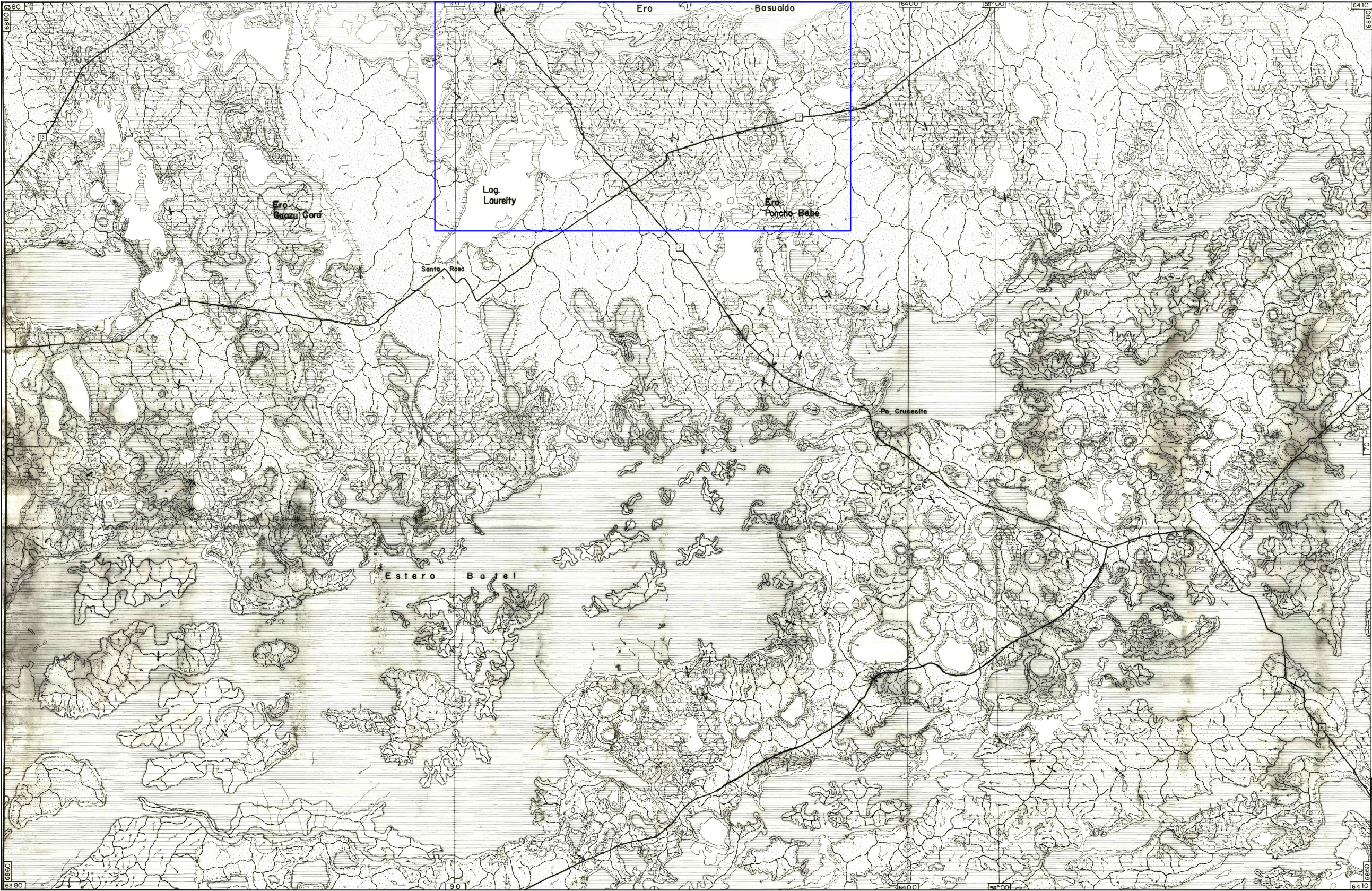
DATOS A FIJAR EN LOS PROYECTOS

Alcantarilla ① ② ③ L=④ m, H= m; y = m;J =⑤ m

① Indicar A ,B o C ② Indicar con o sin Platea ③ Oblicua  $\alpha$  i=0  $\alpha$ 1=

④ Ejemplo =0.80m ,2X1.50m ⑤ Redondear a multiplos de 0.1m





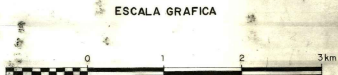
- SÍMBOLOS MORFOLÓGICOS**
- Quiebre de pendiente con ladera convexa
  - Quiebre brusco de pendiente
  - Quiebre brusco de pendiente (irregular)

- SÍMBOLOS CON CONNOTACIONES GENÉTICAS**
- Sedimentos aluviales predominantemente arenosos

- SÍMBOLOS HIDROLÓGICOS**
- Sentido del escurrimiento
  - Trasfluencia
  - Canal de escurrimiento estrecho
  - Canal de escurrimiento ancho
  - Espejo de agua libre
  - Divisorio de aguas

- SÍMBOLOS DE ESTADO HIDROBIOLÓGICOS**
- Área periódicamente inundable
  - Área inundada con vegetación acuática

- SÍMBOLOS ANTRÓPICOS**
- Ruta Nacional
  - Ruta Provincial
  - Domio Urbano

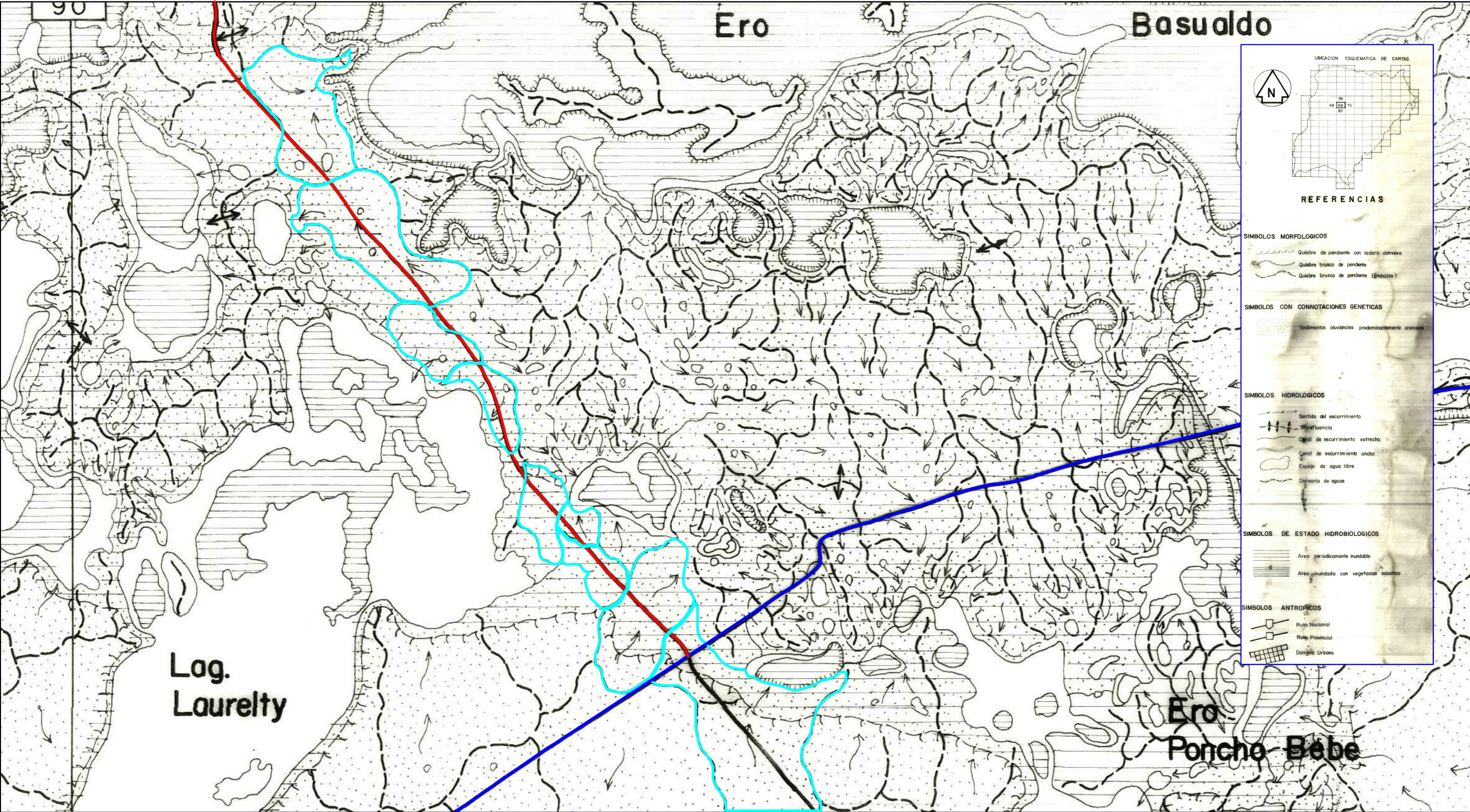


ICA INSTITUTO CORRENTINO DEL AGUA		
PROVINCIA DE CORRIENTES		
ESTUDIO		
CARTA GEOMORFOLÓGICA	SANTA ROSA - 6395-6870	PLANO Nº 69
DIRIGIO: Prof. Pilar Yolanda Serra	DIBUO: Juan J. Marcomini	
ELABORO: Irma E. Huck de Pelozo	APROBO: Prof. Pilar Yolanda Serra	
ANTECEDENTES		
Cartografía 1:60.000		
Fotos aéreas Trabajo 223 A-1960 I.F.T.A.		
ESCALA: 1:30.000	FECHA: Junio/85	Nº REG. INFORMATICA

UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA		
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"		
PLANO = GEOMORFOLOGIA		
AUTORES:	MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO	AÑO 2024 ESCALA S/N PLANO N° 24







UBICACION ESQUEMATICA DE CARTAS

REFERENCIAS

SIMBOLOS MORFOLOGICOS

- Quiebre de pendiente con ladera convexa
- Quiebre brusco de pendiente
- Quiebre brusco de pendiente (improbable)

SIMBOLOS CON CONNOTACIONES GENETICAS

- Sedimentos aluviales predominantemente arenosos

SIMBOLOS HIDROLOGICOS

- Sentido del escurrimiento
- Tranfluencia
- Canal de escurrimiento estrecho
- Canal de escurrimiento ancho
- Espejo de agua libre
- Divisoria de aguas

SIMBOLOS DE ESTADO HIDROBIOLOGICOS

- Area periodicamente inundable
- Area inundada con vegetacion acuatica

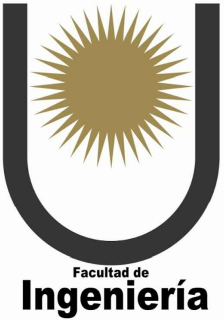
SIMBOLOS ANTROPICOS

- Ruta Nacional
- Ruta Provincial
- Damero Urbano

REFERENCIAS

- R.P. N° 6
- R.N. N° 118
- Microcuencas de aporte al tramo

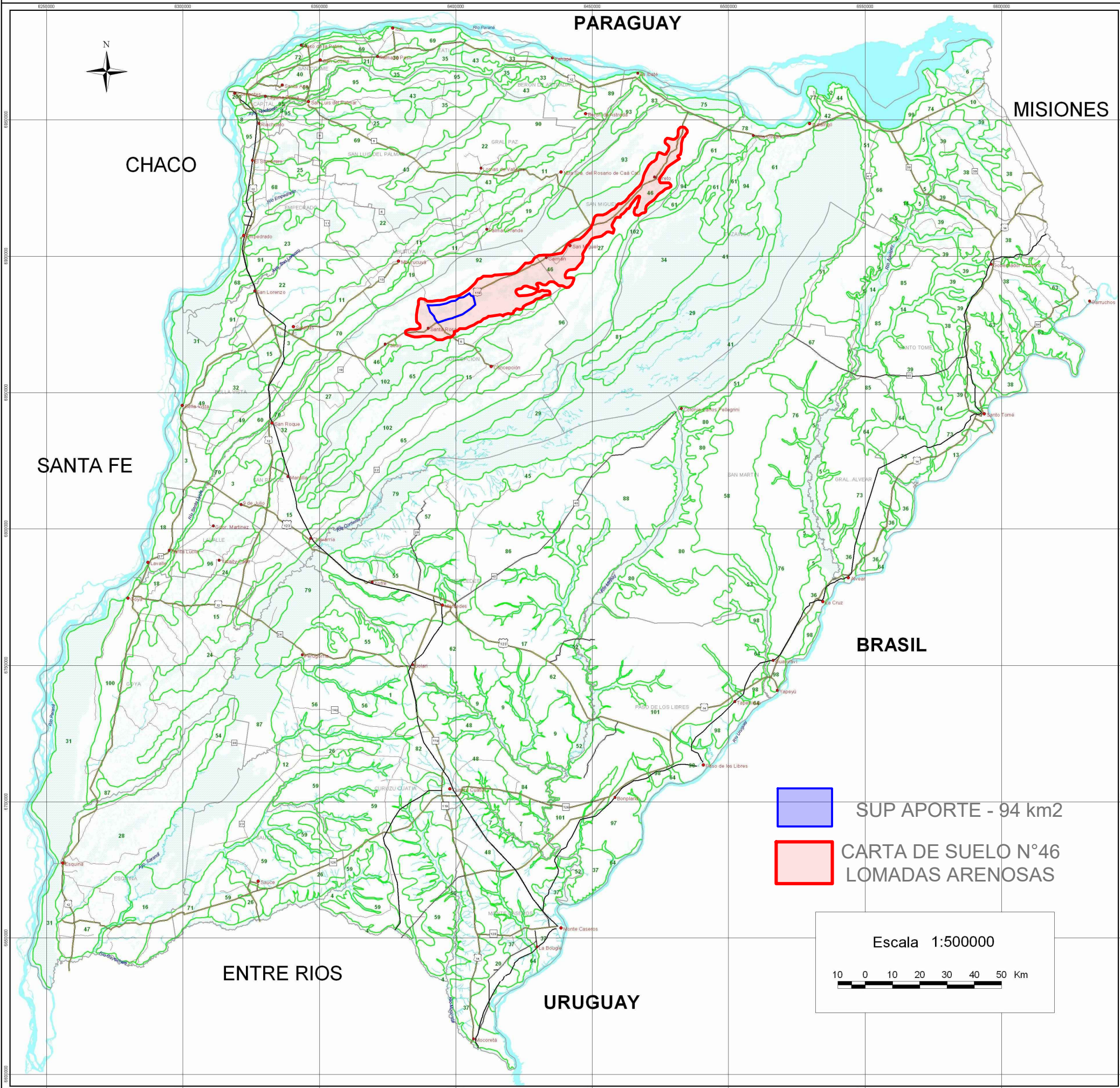
UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA		
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN N°118 - RP N°6"		
PLANO = CARTA GEODINAMICA		
AUTORES:	MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO	AÑO 2024 ESCALA S/N PLANO N° 25





# MAPA DE SUELOS DE CORRIENTES

ESCALA 1:500.000



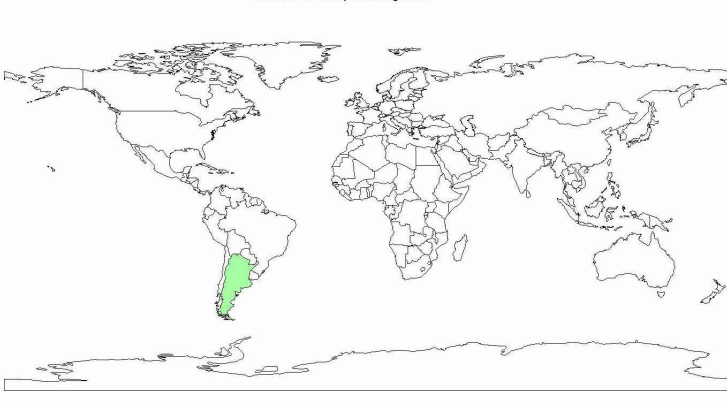
## Referencias

- Cabecera departamental
- Capital de provincia
- Localidad o paraje
- Ruta pavimentada
- Camino de ripio
- Camino de tierra
- Vía férrea
- Limite departamental
- Unidad cartográfica
- Ríos y arroyos
- Esteros, bañados, lagunas

Corrientes en la Republica Argentina



Ubicación de la Republica Argentina



INTA E.E.A Corrientes  
Recursos Naturales

## UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN  
RN N°118 - RP N°6 Y INTERVENCIÓN DE LA RP N°6 ACCESO A MBURUCUYA"

PLANO = MAPA DE SUELOS - CARTA N° 46

AUTORES: MOSQUEDA MARIANO  
VERRASTRO GENARO

AÑO 2024  
ESCALA  
PLANO N° 26





Planilla Nº 2: Relacion de Caudales Hidrologicos e Hidraulicos de las Obras de Arte

RUTA: PROVINCIAL Nº 6

TRAMO; Mburucuyá - R.Nac. N 118

SECCIÓN: Pr. 21.500 - 29.530,16 ( R. Nac. Nº 118)

OBRA: Readecuacion de Obras Basicas

flecha (m) =	0,2
a.coron (m) =	12,9

a.calzada (m) =		6,9
-----------------	--	-----

	ALCANTARILLAS PROPUESTAS
	ALCANTARILLAS EXISTENTES

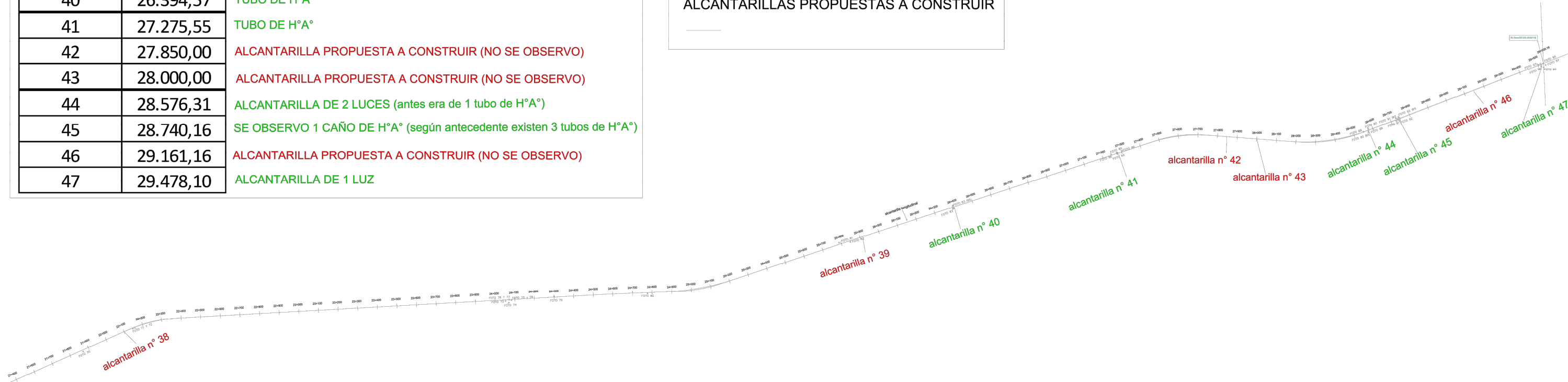
Nº	Prog.	Tipo Alcant. (O-41211)	Luz B (m)	Altura D (m)	Cant. Luces	Tap (m)	"J" (m)	Cotas				Alt. Libre Agua Perm. (m)	Qt Alc. (m3/seg)	Superf. Cuenca (ha)	Q aporte (m3/seg)
								Proyecto	Desagüe (m)	Pelo Agua (m)	Crec. (m)				
38	22.100,00	O- 41211	1,50	1,50	1	0,65	13,6	76,95	74,80	74,90		2,05	3,1	48,5	2,87
39	25.941,48	O- 41211	1,00	1,00	1	0,57	13,4	73,25	71,68	72,10		1,15	2,87	83,7	2,82
40	26.394,57	O- 41211	1,00	1,25	1	1,42	15,9	73,25	70,58	70,93	71,60	2,32			
41	27.275,55	O- 41211	1,00	1,00	1	0,97	14,6	73,25	71,28	71,63	72,18	1,62	2,3	42,6	2,16
42	27.850,00	O- 41211	1,00	0,75	1	0,58	13,4	72,52	71,19	71,20	71,20	1,32			
43	28.000,00	O- 41211	1,00	0,75	1	0,63	13,5	72,08	70,70	70,80	71,00	1,28			
44	28.576,31	O- 41211	2,00	2,00	1	0,86	14,2	71,56	68,70	70,13	70,65	1,43	20,82	Niveladoras	
45	28.740,16	O- 41211	2,00	2,00	1	0,62	13,5	71,58	68,96	70,13	70,65	1,45			
46	29.161,16	O- 41211	2,00	1,50	1	0,44	13	71,58	69,64	70,13	70,65	1,45			
47	29.478,10	O- 41211	1,00	1,00	1	0,55	18,4	71,64	70,09	70,12	70,65	1,52			

ALCANTARILLA Nº	PROG.	RELEVAMIENTO ACTUAL
38	22.100,00	ALCANTARILLA PROPUESTA A CONSTRUIR (NO SE OBSERVO)
39	25.941,48	ALCANTARILLA PROPUESTA A CONSTRUIR (NO SE OBSERVO)
40	26.394,57	TUBO DE H°A°
41	27.275,55	TUBO DE H°A°
42	27.850,00	ALCANTARILLA PROPUESTA A CONSTRUIR (NO SE OBSERVO)
43	28.000,00	ALCANTARILLA PROPUESTA A CONSTRUIR (NO SE OBSERVO)
44	28.576,31	ALCANTARILLA DE 2 LUCES (antes era de 1 tubo de H°A°)
45	28.740,16	SE OBSERVO 1 CAÑO DE H°A° (según antecedente existen 3 tubos de H°A°)
46	29.161,16	ALCANTARILLA PROPUESTA A CONSTRUIR (NO SE OBSERVO)
47	29.478,10	ALCANTARILLA DE 1 LUZ

REFERENCIAS

ALCANTARILLAS EXISTENTES

ALCANTARILLAS PROPUESTAS A CONSTRUIR



UNNE - FACULTAD DE INGENIERÍA	
TRABAJO FINAL DE CARRERA: "READECUACION DE LA INTERSECCIÓN RN Nº118 - RP Nº6"	
PLANO = PLANIMETRÍA Y RELEVAMIENTO FOTOGRÁFICO	
AUTORES:	MOSQUEDA MARIANO VERRASTRO GENARO
	AÑO 2024 ESCALA S/N PLANO Nº27



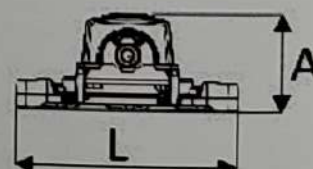
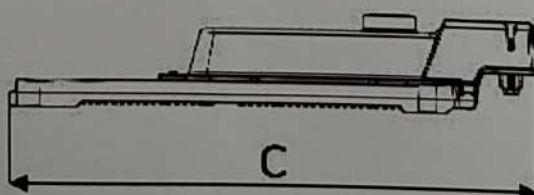


Família	Potencia	Eficiencia	Flujo luminoso	Imagen de producto
<b>RoadForce</b> Mini BRP481	48W	> 160 lm/W	> 8.000 lm	
<b>RoadForce</b> Small BRP482	56W a 100W	> 160 lm/W	10.000lm a 17.000lm	
<b>RoadForce</b> Medium BRP483	113W a 165W	> 160 lm/W	20.000lm a 27.000lm	
<b>RoadForce</b> Large BRP484	169W a 179W	> 160 lm/W	29.000lm a 30.000lm	
<b>RoadForce</b> Xtra Large BRP485	185W	> 160 lm/W	32.000lm	
<b>RoadForce</b> Xtra Large BRP486	195W	> 160 lm/W	34.000lm	

# Datos técnicos



Familia Versión	RoadForce <b>BRP481</b>	RoadForce <b>BRP482</b>	RoadForce <b>BRP483</b>
Material	Carcasa de aluminio inyectado a alta presión. Cierre de policarbonato. Ópticas policarbonato.		
Flujo sistema	8.000 lm	10.000 a 17.000 lm	20.000 a 27.000 lm
Potencia del sistema	48W	56W a 100W	113W a 165W
Óptica y difusores	DML - DWL		
Eficacia del sistema	> 160 lm/W		
Temperatura de color	3.000°K - 4.000°K - 5.000°K		
IRC	> 70		
Índice de cromaticidad	SDCM >5		
Driver interno	Si		
Protocolo de dimerización	1-10V		
Cierre	Cierre de policarbonato		
Posibilidad de regulación montaje	Si		
Clase eléctrica	Clase I		
Tensión y frecuencia	120-277V 50/60Hz		
Color/Acabados	Gray Munsel N6,5		
IP	66		
IK	10		
Protección contra sobretensiones	Si 10KV		
Vida Útil	70.000hrs L70B50		
Peso	3.60Kgr	4.10Kgr	4.60Kgr
Service Tag	SI		
Instalación (tipo de montaje)	Brazo columna 42-60mm		




<b>TRABAJO FINAL DE CARRERA</b>					
<b>OBRA:</b> "READECUACION DE LA INTERSECCION RN N°118 Y RP N°6"					
<b>UBICACIÓN:</b> Municipio de Santa Rosa - Departamento de Concepcion, Provincia de Corrientes					
<b>MES BASE:</b> dic-24					



COMPUTO Y PRESUPUESTO						
N°	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL	% INCID.
<b>I</b>	<b>MOVIMIENTO DE SUELO</b>					
1.1	DEMOLICION DE PAVIMENTO EXISTENTE	m2	5460	\$ 14.858	\$ 81.122.496,00	6,27
1.2	LIMPIEZA DEL TERRENO	ha	2,46	\$ 710.907	\$ 1.748.830,21	0,14
1.3	TERRAPLEN CON COMPACTACION ESPECIAL	m3	9668,1	\$ 21.321,50	\$ 206.138.394,15	15,94
1.4	PREPARACION DE LA SUBRASANTE	m3	2974,8	\$ 15.089,53	\$ 44.888.333,84	3,47
1.5	EXCAVACION PARA APERTURA DE CAJA	m3	743,7	\$ 14.730,80	\$ 10.955.295,96	0,85
<b>II</b>	<b>CALZADA DE HORMIGON</b>					
2.1	BASE DE RDC 150 Kg/m3, e=20cm, con lamina de poliepropileno 200 micrones	m3	1826,49	\$ 101.101,99	\$ 184.661.779,19	14,28
2.2	CALZADA DE HORMIGON H30, e=25cm - INCLUYE PASADORES Y BARRAS DE UNION	m2	8619,88	\$ 69.458,43	\$ 598.723.331,59	46,31
2.3	VIGA DE VINCULACION	m3	3,285	\$ 277.275,29	\$ 910.849,33	0,07
2.4	DARSENA Y REFUGIO PARA PEATONES	Un.	2	\$ 12.825.231,54	\$ 25.650.463,09	1,98
<b>III</b>	<b>SEÑALAMIENTO</b>					
3.1	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL CON PINTURA TERMOPLASTICA	m2	233	\$ 15.998,08	\$ 3.727.552,64	0,29
3.2	SEÑALAMIENTO VERTICAL	m2	73,08	\$ 311.396,59	\$ 22.756.862,80	1,76
<b>IV</b>	<b>ILUMINACION</b>					
4.1	COLUMNA METALICA H=9m CON PESCANTE DE 2,5m	Un	53	\$ 504.090,01	\$ 26.716.770,53	2,07
4.2	ARTEFACTO DE ILUMINACION TIPO LED 150w	Un	53	\$ 262.929,59	\$ 13.935.268,27	1,08
4.3	CABLE PREENSAMBLADO DE ALUMINIO s=4x6mm2	ml	1700	\$ 8.351,23	\$ 14.197.091,00	1,10
4.4	TABLERO COMANDO	Un.	1	\$ 819.581,71	\$ 819.581,71	0,06
4.5	HORMIGON SIMPLE PARA BASES (0,45x0,45x1,45)	m3	16	\$ 285.067,27	\$ 3.611.926,44	0,28
4.6	MORSETERIA	Un	106	\$ 9.271,52	\$ 982.781,12	0,08
4.7	ALIMENTACION DE TABLEROS	GL	1	\$ 593.530,00	\$ 593.530,00	0,05
<b>V</b>	<b>PARQUIZACION</b>					
5.1	PAISAJISMO EN ISLETAS Y APROXIMACIONES	GL	1	\$ 11.855.130,00	\$ 11.855.130,00	0,92
<b>VI</b>	<b>MOVILIZACION DE OBRA</b>					
6.1	MOVILIZACION DE OBRA	GL	1	\$ 38.873.884,30	\$ 38.873.884,30	3
				<b>COSTO - COSTO =</b>	<b>\$ 1.292.870.152,18</b>	<b>100,00</b>

<b>COSTO - COSTO =</b>	\$	1.292.870.152,18
<b>Gastos Generales (15%) =</b>	\$	193.930.522,83
<b>subtotal 1</b>	\$	1.486.800.675,00
<b>Beneficio (10%) =</b>	\$	148.680.067,50
<b>subtotal 2</b>	\$	1.635.480.742,50
<b>Impuestos (27,4%) =</b>	\$	448.121.723,45
<b>Precio de la Obra =</b>	<b>\$</b>	<b>2.083.602.465,95</b>



TRABAJO FINAL DE CARRERA														
OBRA: "READECUACION DE LA INTERSECCION RN N°118 Y RP N°6"														
UBICACIÓN: Municipio de Santa Rosa - Departamento de Concepcion, Provincia de Corrientes														
MES BASE: dic-24														
<div>  <div> UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE FACULTAD DE INGENIERÍA </div> </div>														
PLAN DE TRABAJOS														
N° de Item	Designación de las Obras	Importe Total	% Inc.	Plazo de Ejecución - 300 días corridos										
				MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	
1.1	DEMOLICION DE PAVIMENTO EXISTENTE	\$ 130.737.825,78	6,27	20% 1,25%	20% 1,25%	20% 1,25%	20% 1,25%	20% 1,25%	0%	0%	0%	0%	0%	
1.2	LIMPIEZA DEL TERRENO	\$ 2.818.432,25	0,14	20% 0,03%	20% 0,03%	20% 0,03%	20% 0,03%	20% 0,03%	0%	0%	0%	0%	0%	
1.3	TERRAPLEN CON COMPACTACION ESPECIAL	\$ 332.214.697,40	15,94	20% 3,19%	20% 3,19%	20% 3,19%	20% 3,19%	20% 3,19%	0%	0%	0%	0%	0%	
1.4	PREPARACION DE LA SUBRASANTE	\$ 72.342.487,71	3,47	10% 0,35%	10% 0,35%	25% 0,87%	25% 0,87%	20% 0,69%	10% 0,35%	0%	0%	0%	0%	
1.5	EXCAVACION PARA APERTURA DE CAJA	\$ 17.655.664,52	0,85	15% 0,13%	15% 0,13%	15% 0,13%	15% 0,13%	15% 0,13%	15% 0,13%	10% 0,08%	0%	0%	0%	
2.1	BASE DE RDC 150 Kg/m3, e=20cm, con lamina de polipropileno 200 micrones	\$ 297.602.789,96	14,28	0%	0%	15% 2,14%	15% 2,14%	20% 2,86%	20% 2,86%	20% 2,86%	10% 1,43%	0%	0%	
2.2	CALZADA DE HORMIGON H30, e=25cm - INCLUYE PASADORES Y BARRAS DE UNION	\$ 964.908.508,42	46,31	0%	0%	10% 4,63%	15% 9,26%	25% 11,58%	25% 11,58%	10% 4,63%	10% 4,63%	0%	0%	
2.3	VIGA DE VINCULACION	\$ 1.467.933,88	0,07	0%	0%	0%	0%	50% 0,04%	50% 0,04%	0%	0%	0%	0%	
2.4	DARSENA Y REFUGIO PARA PEATONES	\$ 41.338.542,81	1,98	0%	0%	0%	0%	20% 0,40%	20% 0,40%	20% 0,40%	20% 0,40%	10% 0,20%	10% 0,20%	
3.1	SEÑALAMIENTO HORIZONTAL CON PINTURA TERMOPLASTICA	\$ 6.007.361,11	0,29	0%	0%	0%	0%	20% 0,06%	20% 0,06%	20% 0,06%	10% 0,03%	15% 0,04%	15% 0,04%	
3.2	SEÑALAMIENTO VERTICAL	\$ 36.675.187,65	1,76	0%	0%	0%	0%	10% 0,18%	15% 0,26%	20% 0,35%	20% 0,35%	20% 0,35%	20% 0,35%	
4.1	COLUMNA METALICA H=9m CON PESCANTE DE 2,5m	\$ 43.057.014,55	2,07	0%	0%	0%	0%	10% 0,21%	20% 0,41%	20% 0,41%	20% 0,41%	20% 0,41%	10% 0,21%	
4.2	ARTEFACTO DE ILUMINACION TIPO LED 150w	\$ 22.458.217,70	1,08	0%	0%	0%	0%	20% 0,22%	20% 0,22%	20% 0,22%	20% 0,22%	20% 0,22%	20% 0,22%	
4.3	CABLE PREENSAMBLADO DE ALUMINIO s=4x6mm2	\$ 22.880.173,83	1,10	0%	0%	0%	0%	0%	25% 0,27%	25% 0,27%	25% 0,27%	25% 0,27%	0%	
4.4	TABLERO COMANDO	\$ 1.320.846,08	0,06	0%	0%	0%	0%	0%	0%	40% 0,03%	60% 0,04%	0%	0%	
4.5	HORMIGON SIMPLE PARA BASES (0,45x0,45x1,45)	\$ 5.821.016,77	0,28	0%	0%	0%	0%	20% 0,06%	20% 0,06%	20% 0,06%	20% 0,06%	20% 0,06%	0%	
4.6	MORSETERIA	\$ 1.583.859,88	0,08	0%	0%	0%	0%	20% 0,02%	20% 0,02%	20% 0,02%	20% 0,02%	20% 0,02%	0%	
4.7	ALIMENTACION DE TABLEROS	\$ 956.538,88	0,05	0%	0%	0%	0%	20% 0,01%	20% 0,01%	20% 0,01%	20% 0,01%	20% 0,01%	0%	
5.1	PAISAJISMO EN ISLETAS Y APROXIMACIONES	\$ 19.105.846,06	0,92	0%	0%	0%	15% 0,14%	15% 0,14%	15% 0,14%	15% 0,14%	15% 0,14%	15% 0,14%	10% 0,09%	
6.1	MOVILIZACION DE OBRA	\$ 62.649.540,68	3,01	10% 0,30%	10% 0,30%	10% 0,30%	10% 0,30%	10% 0,30%	10% 0,30%	10% 0,30%	10% 0,30%	10% 0,30%	10% 0,30%	
\$ 2.083.602.465,95				100,00										
Avance Mensual				5,2%	5,2%	12,5%	17,3%	21,3%	17,1%	9,8%	8,3%	2,0%	1,1%	
Avance Acumulado				5,2%	10,5%	23,0%	40,3%	61,7%	78,8%	88,6%	96,9%	98,9%	100,0%	
Avance Mensual				\$ 109.301.743,60	\$ 109.301.743,60	\$ 261.294.383,10	\$ 360.641.110,85	\$ 444.489.844,97	\$ 555.960.909,41	\$ 204.735.732,02	\$ 172.873.321,68	\$ 41.996.199,97	\$ 23.017.476,73	
Avance Acumulado				\$ 109.301.743,60	\$ 218.603.487,21	\$ 479.887.870,30	\$ 840.528.981,15	\$ 1.285.018.826,12	\$ 1.640.979.735,53	\$ 1.845.715.467,56	\$ 2.018.588.789,24	\$ 2.060.584.989,21	\$ 2.083.602.465,95	

TRABAJO FINAL DE CARRERA

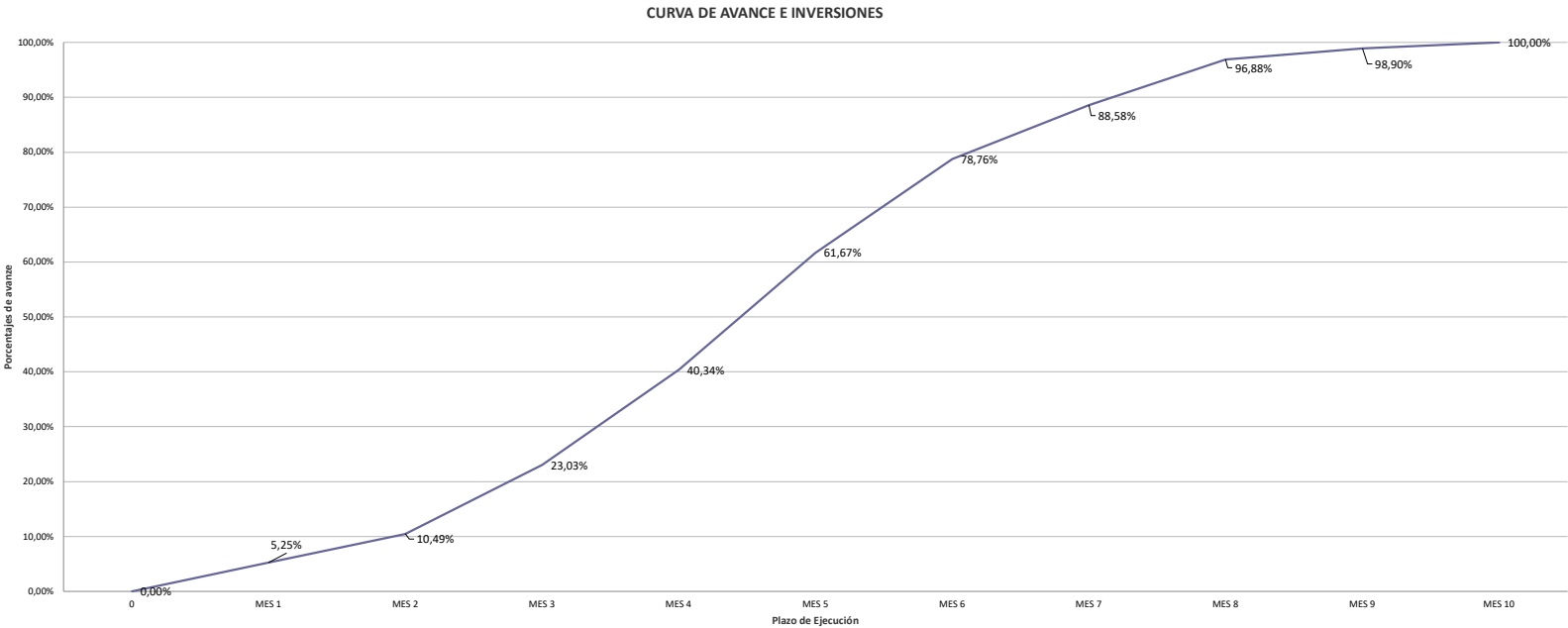
OBRA: "READECUACION DE LA INTERSECCION RN N°118 Y RP N°6"

UBICACIÓN: Municipio de Santa Rosa - Departamento de Concepcion, Provincia de Corrientes

MES BASE: dic-24



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERIA



# Item 1.1 - DEMOLICIÓN PAVIMENTO EXISTENTE

EQUIPO			H.P.		
1	Retroexcavadora J.D.		52,00	\$	66.485.965,00
1	Compresor c/Martillo Neumático		80,00	\$	25.185.499,00
1	Camion Volcador 5/6 m3		140,00	\$	73.439.740,00
	Herramientas Menores	3,00%		\$	4.953.340,00
			272,00	\$	165.111.204,00

A. e I.=	/d	0,00096 x\$	165.111.204,00	= \$/d	158.506,76
R. y R.=	/d	0,00056 x\$	165.111.204,00	= \$/d	92.462,27
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116 x HP	272,00	= \$/d	461.491,84
Mano de Obra:					
2	Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2	= \$/d	158.710,40
10	Ayudante	x \$/d	61458,85	= \$/d	614.588,50
				\$/d	773.298,90
				\$/d	1.485.759,77

Rendimiento: 100,00 m2/d

Costo:  $\frac{1.485.759,77 \text{ $/d}}{100,00 \text{ m2/d}}$  = \$/m2 14857,6

**COSTO: 14857,6 \$/m2**



# Item. - LIMPIEZA DE TERRENO EN ZONA DE CAMINO

EQUIPO				H.P.		
0,5	Tractor s/Orugas c/Hja Topadora Cat D7A			100,00	\$	164.949.240,00
1	Motoniveladora (Astarza) Mod. 120			120,00	\$	146.185.750,00
				220,00		311.134.990,00
A. e I.=	/d	0,00096	x \$	311.134.990,00	= \$/d	298689,59
R. y R.=	/d	0,00056	x \$	311.134.990,00	= \$/d	174235,59
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116	x HP	220,00	= \$/d	373265,46
Mano de Obra:						
2	Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2	= \$/d	158710,4	
1	Ayudante	x \$/d	61458,85	= \$/d	61458,85	220169,25
					\$/d	1066359,89
Rendimiento:						
		4,00	Ha/d			
Costo:						
		1.066.359,89	\$/d		= \$/Ha	710906,59
		1,50	Ha/d			

COSTO: 710907 \$/Ha

**Item 1.3 - TERRAPLÉN CON COMPACTACIÓN ESPECIAL**Distancia excedente de Transporte = **5,00 Km.****I - PROVISIÓN DE SUELO (Puesto sobre Camión)**

EQUIPO		H.P.	
1,0 Cargador Frontal (Astarza 950-1) 2,29m3		130,00	\$ 124.442.002,00
0,5 Tractor s/Orgugas c/Hja Topadora Cat D7A		100,00	\$ 164.949.240,00
		230,00	\$ 289.391.242,00

A. e I.=	/d	0,00096 x \$	289.391.242,00	= \$/d	277815,59
R. y R.=	/d	0,00056 x \$	289.391.242,00	= \$/d	162059,1
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116 x HP	230,00	= \$/d	390232,07

Mano de Obra:					
1,5 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2	= \$/d	119032,8	
1,0 Ayudante	x \$/d	61458,85	= \$/d	61458,85	= \$/d 180491,65
					\$/d 1.010.598,41

Rendimiento: 200 m3/d

Costo:	1.010.598,41 \$/d	= \$/m3	5052,99
	200 m3/d		

**II - COSTO DEL MATERIAL: = \$/m3 298,24****III - TRANSPORTE DE SUELOS: D.M.T. = 5,00 Km****CALCULO DE RENDIMIENTO**

T.M.C. ....		m/c	3,00
Recorrido: $\frac{2 \times 60 \times 5,00}{40 \text{ Km/h}}$ Km		m/c	15,00
T.M.D. ....		m/c	3,00
		m/c	21,00
Ciclo diario: $\frac{480 \text{ m/d}}{21,00 \text{ m/c}}$ =		c/d	22,86

Rendimiento: ( 22,86 c/d x Km. 5,00 x m3/c 5,00 =Kmm3/d 571,50

EQUIPO		H.P.	
1,0 Camion Volcador 5/6 m3		140,00	\$ 73.439.740,00
		140,00	\$ 73.439.740,00

A. e I.=	/d	0,00096 x \$	73.439.740,00	= \$/d	70502,15
R. y R.=	/d	0,00056 x \$	73.439.740,00	= \$/d	41126,25
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116 x HP	140,00	= \$/d	237532,56

Mano de Obra:					
1,0 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 = \$/d	= \$/d	79355,2	= \$/d 79355,2
					\$/d 428516,16

Rendimiento: 571,50 Kmm3/d

Costo:	428516,16 \$/d	= \$/Kmm3	749,81
	571,50 Kmm3/d		

**IV - EJECUCIÓN:**

Equipo		H.P.	
1,0 Motoniveladora (Astarza) Mod. 120		120,00	\$ 146.185.750,00
2,0 Rodillo Pata de Cabra 2 Cuerpos			\$ 31.911.258,00
1,0 Rodillo Neumatico (13 ruedas)			\$ 23.968.514,00
2,0 Tractor Neumatico		200,00	\$ 96.227.822,00
1,0 Camion Regador de Agua		140,00	\$ 76.423.740,00
1,0 Motobomba de Desagüe c/Tablero Comando		20,00	\$ 5.840.285,00
		480,00	\$ 380.557.369,00

A. e I.=	/d	0,00096 x \$	380.557.369,00	= \$/d	365335,07
R. y R.=	/d	0,00056 x \$	380.557.369,00	= \$/d	213112,13
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116 x HP	480,00	= \$/d	814397,36

Mano de Obra:					
4,0 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 = \$/d	317420,8		
2,0 Ayudante	x \$/d	61458,85 = \$/d	122917,7	= \$/d	440338,5
				\$/d	1.833.183,06

Rendimiento: 150 m3/d

Costo:	1.833.183,06 \$/d	= \$/m3	12221,22
	150 m3/d		

**RESUMEN:**

I - PROVISION DE SUELO.		= \$/m3	5052,99
II - COSTO MATERIAL EN YACIM		= \$/m3	298,24
III - TRANSPORTE DE SUELOS.			
Costo por m3 =	5,00 Km x \$/Kmm3	749,81	= \$/m3 3749,05
IV - EJECUCION.		= \$/m3	12221,22
<b>COSTO</b>		<b>= \$/m3</b>	<b>21321,50</b>

## Item - PREPARACION DE LA SUBRASANTE

### EJECUCIÓN:

#### Equipo

	H.P.		
1,0 Motoniveladora (Astarza) Mod. 120	120,00	\$	146.185.750,00
6,0 Pala de Arrastre Hidraulica 3,0/3,5 m3			62.724.600,00
2,0 Rodillo Pata de Cabra 2 Cuerpos		\$	31.911.258,00
1,0 Rodillo Neumatico (13 ruedas)		\$	23.968.514,00
5,0 Tractor Neumatico	500,00	\$	240.569.555,00
1,0 Camion Regador de Agua	140,00	\$	76.423.740,00
1,0 Motobomba de Desagüe c/Tablero Comando	20,00	\$	5.840.285,00
	780,00	\$	587.623.702,00

A. e I.=	/d	0,00096 x \$	587.623.702,00	= \$/d	564118,75
R. y R.=	/d	0,00056 x \$	587.623.702,00	= \$/d	329069,27
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116 x HP	780,00	= \$/d	1323395,7

#### Mano de Obra:

7,0 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 = \$/d	555486,4		
4,0 Ayudante	x \$/d	61458,85 = \$/d	245835,4	= \$/d	801321,8
				\$/d	3.017.905,52

Rendimiento: 200 m3/d

Costo:	3.017.905,52 \$/d	= \$/m3	15089,53
	200 m3/d		

**COSTO= 15089,53 \$/m3**

## Item - EXCAVACIÓN PARA PAERTURA DE CAJA

### EQUIPO

	H.P.		
1,0 Motoniveladora (Astarza) Mod. 120	120,00	\$	146.185.750,00
1,0 Cargador Frontal (Astarza 950-1) 2,29m3	130,00	\$	124.442.002,00
1,0 Camion Volcador 5/6 m3	140,00	\$	73.439.740,00
1,0 Rodillo Pata de Cabra 2 Cuerpos		\$	15.955.629,00
1,0 Rodillo Neumatico (13 ruedas)		\$	23.968.514,00
1,0 Tractor Neumatico	100,00	\$	48.113.911,00
0,5 Camion Regador de Agua	70,00	\$	38.211.870,00
1,0 Motobomba de Desagüe c/Tablero Comando	20,00	\$	5.840.285,00
	580,00	\$	476.157.701,00

A. e I.=	/d	0,00096 x \$	476.157.701,00	= \$/d	457111,39
R. y R.=	/d	0,00056 x \$	476.157.701,00	= \$/d	266648,31
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116 x HP	580,00	= \$/d	984063,47

#### Mano de Obra:

4,0 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 = \$/d	317420,8		
3,0 Ayudante	x \$/d	61458,85 = \$/d	184376,55	= \$/d	501797,35
				\$/d	2.209.620,52

Rendimiento: 150 m3/d

Costo:	2.209.620,52 \$/d	= \$/m3	14730,80
	150 m3/d		

**COSTO: 14730,8 \$/m3**



**Item 2.1 - BASE DE RDC 150 Kg/m3, e=20cm****I.- MATERIALES:**

RDC 150 Kg/m3 elaborado en planta = \$/m3 \$ 91.471,43

**II - EJECUCION.****EQUIPO****H.P.**

1,0 Cargador Frontal (Astarza 950-1) 2,29m3 130,00 \$ 124.442.002,00  
Herramientas Menores 1,50% \$ 933300,00

130,00 \$ 63.154.301,00

A. e I.= /d 0,00096 x \$ 63.154.301,00 = \$/d 60628,13

R. y R.= /d 0,00056 x \$ 63.154.301,00 = \$/d 35366,41

C. y L.= \$/HP d 1696,66116 x HP 130,00 = \$/d 220565,95

**Mano de Obra:**

3,5 Ofi. Esp. x \$/d 79355,2 = \$/d 277743,2

6,0 Ayudante x \$/d 61458,85 = \$/d 368753,1 = \$/d 646.496,30

\$/d 963.056,30

Rendimiento: 100,00 m3/d

Costo: 963.056,30 \$/d = \$/m3 9630,56

100,00 m3/d

**RESUMEN:**

I - Materiales: = \$/m3 91471,43

II - Ejecución: = \$/m3 9.630,56

COSTO \$/m3 101.101,99

**COSTO: 101101,99 \$/m3**

**Item 2.2 - CALZADA DE HORMIGON H30, e=25cm**

e = 0,25 m Distancia de transporte = 110,00 Km

**I- MATERIALES:**

Hormigon elaborado piedra gruesa H-30		\$/m3	158.560
Acero Dulce y Especial	$\frac{0,0018 \text{ Tn/m}^2 \times \$/\text{Tn}}{0,25 \text{ m}}$	$\frac{2.247.571,68}{0,25 \text{ m}} = \$/\text{m}^3$	$\frac{16.182,52}{0,25 \text{ m}} = \$/\text{m}^3$
		\$/m3	174.742,45

**II - EJECUCION.**

EQUIPO		H.P.	
1,0 Aserradora Juntas C/M.Perk.Mod.AJ-75		58	\$ 23.676.553,00
1,0 Cargador Frontal (Astarza 950-1) 2,29m3		130	\$ 124.442.002,00
Moldes, Compresor, Herr. Menores, etc.	2,00%	60	\$ 2.962.400,00
		248	\$ 151.080.955,00
A. e I.=	/d 0,00096	x \$ 151.080.955,00	= \$/d 145.037,72
R. y R.=	/d 0,00056	x \$ 151.080.955,00	= \$/d 84.605,33
C. y L.=	\$/HP d 1696,66116	x HP 248,00	= \$/d 420.771,97
Mano de Obra:			
10,0 Ofi. Esp.	x \$/d 79355,2	= \$/d 793552	
15,0 Ayudante	x \$/d 61458,85	= \$/d 921882,75	
		\$/d	1.715.434,75
			2.365.849,77
Rendimiento:	70,00	m3/d	
Costo:	$\frac{2.365.849,77}{70,00}$	\$/d	= \$/m3 33.797,85
	70,00	m3/d	

**III- TRANSPORTE DEL HORMIGÓN .**

D.M.T. = 110 km

Cálculo de Rendimiento

T.M.C. ....		= m/c	10,00
Recorrido = $\frac{2 \times 60 \times 110}{40,00}$ Km/h		= m/c	330,00
T.M.D. ....		= m/c	30,00
		= m/c	370,00
Ciclo diario: $\frac{480}{370,00}$ m/d		= c/d	1,3
Rendimiento: (c/d x Km. x 7,00 m3. )		= Kmm3/c	1.001,00
Transporte			
<u>EQUIPO</u>			
1,0 Camión Motohormigonero	0	HP 250,00	\$ 83.585.297,00
		250,00	\$ 83.585.297,00
A. e I.=	/d 0,00096	x \$ 83.585.297,00	= \$/d 80241,89
R. y R.=	/d 0,00056	x \$ 83.585.297,00	= \$/d 46807,77
C. y L.=	\$/HP d 1696,66116	x HP 250,00	= \$/d 424165,29
Mano de Obra:			
1,0 Ofi. Esp.	x \$/d 79355,2	= \$/d 79355,2	
		\$/d	630570,15
Rendimiento:	1.001,00	Kmm3/d	
Costo:	$\frac{630570,15}{1.001,00}$	\$/d	= \$/Kmm3 629,94
	1.001,00	Kmm3/d	

**RESUMEN:**

I - Materiales:		= \$/m3	174.742,45
II - Ejecución :		= \$/m3	33.797,85
III- Transporte:	629,94 \$/Kmm3 x Km 110,00	= \$/m3	69293,40
		\$/m3	277833,7

Costo pr m2 :	277.833,70 \$/m3 x m3/m2 0,25	= \$/m2	69.458,43
---------------	-------------------------------	---------	-----------

**COSTO: 69458,4 \$/m2 x**

**Ítem 3.1 - SEÑALIZACION HORIZONTAL (termoplástica) espesor: 1,5mm (P / Ruta)**

**I- MATERIALES**

Pintura termo-reflectante	3,00 Kg/m2x\$/Kg	2.396,47	= \$/m2	7.189,42
Imprimación Ligante p/Seña Horiz:	0,25 Lts/m2x\$/Lts	4.794,41	= \$/m2	1198,60
Esferillas de Vidrio Tipo "B":	0,50 Kg/m2x\$/Kg	1.107,05	= \$/m2	<u>553,53</u>
				8.941,55

**II- EJECUCION**

**EQUIPO**

1 Equipo Completo p/Pintura	H.P.			
	<u>40,00</u>	\$		<u>31.187.166,00</u>
	40,00	\$		31.187.166,00

A. e I.=	/d	0,00096	x \$	31.187.166,00	= \$/d	29.939,68
R. y R.=	/d	0,00056	x \$	31.187.166,00	= \$/d	17.464,81
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116	x HP	40,00	= \$/d	67.866,45

**Mano de Obra:**

1 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2	= \$/d	79.355,20		
2 Ayudante	x \$/d	61458,85	= \$/d	122.917,70	= \$/d	<u>202.272,90</u>
					\$/d	317.543,84

Rendimiento: 45,00 m2/d

Costo:	<u>317.543,84</u>	\$/d	= \$/m2	7056,53
	45,00	m2/d		

**RESUMEN :**

I- Materiales:	= \$/m2	8.941,55
II- Ejecución:	= \$/m2	<u>7.056,53</u>
	\$/m2	15.998,08

**COSTO: 15998 \$/m2 x**



**Item 3.2 - SEÑALIZACIÓN VERTICAL****I - MATERIALES:**

Materiales (incluido transporte)

Chapa:	1188505,99 \$/Tn x Tn/m2	0,024	= \$/m2	28524,14	205,74
Incidencia bulones y arandelas		10,00%	= \$/m2	2852,41	20,57
Postes:	42993,00 \$/u x u/m2	1,50	= \$/m2	64489,50	742,97
Esmalte sintético	7284,20 \$/Lts x Lts/m2	0,81	= \$/m2	5900,21	43,09
Lámina reflectante	101206,44 \$/m2 x m2/m2	1,75	= \$/m2	177111,27	1707,23
			\$/m2	278877,53	2719,6

**II - EJECUCIÓN:**

Mano de Obra:

1 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 =\$/d	79.355,20		
4 Ayudante	x \$/d	61458,85 =\$/d	245.835,40 = \$/d	325.190,60	4132,19

Rendimiento: 10,00 m2/d

Costo:	$\frac{325.190,60}{10,00}$	$\frac{\$/d}{m2/d}$	= \$/Nº	32.519,06	413,22
--------	----------------------------	---------------------	---------	-----------	--------

**RESUMEN:**

I - MATERIALES:	= \$/Nº	278.877,53
II - EJECUCIÓN:	= \$/Nº	32.519,06
	\$/Nº	311.396,59

**COSTO: 311397 \$/m2 x**

**Item 2.3 - VIGA DE VINCULACION**

e = 0,6 m      Distancia de transporte = 110,00 Km

**I- MATERIALES:**

Hormigon elaborado piedra gruesa H-30				\$/m3	158.560
Acero Dulce y Especial	0,0910 Tn/m3 x \$/Tn	2.247.571,68	= \$/m3		204.529,02
			\$/m3		<u>363.088,95</u>

**II - EJECUCION.**

EQUIPO			H.P.		
0,0 Aserradora Juntas C/M.Perk.Mod.AJ-75			0	\$	0,00
1,0 Cargador Frontal (Astarza 950-1) 2,29m3			130	\$	124.442.002,00
Moldes, Compresor, Herr. Menores, etc.	2,00%		60	\$	2.488.800,00
			190	\$	126.930.802,00
A. e I.=	/d	0,00096	x \$	126.930.802,00	= \$/d 121.853,57
R. y R.=	/d	0,00056	x \$	126.930.802,00	= \$/d 71.081,25
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116	x HP	190,00	= \$/d 322.365,62
Mano de Obra:					
10,0 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2	= \$/d	793552	
15,0 Ayudante	x \$/d	61458,85	= \$/d	921882,75	= \$/d 1.715.434,75
				\$/d	<u>2.230.735,19</u>
Rendimiento:	75,00	m3/d			
Costo:	2.230.735,19	\$/d		= \$/m3	<u>29.743,14</u>
	75,00	m3/d			

**III- TRANSPORTE DEL HORMIGÓN .**

D.M.T. = 110 km

Cálculo de Rendimiento

T.M.C. ....				= m/c	10,00
Recorrido =	2 x 60 x	110 Km		= m/c	330,00
	40,00	Km/h			
T.M.D. ....				= m/c	30,00
				= m/c	<u>370,00</u>
Ciclo diario:	480	m/d		= c/d	1,3
	370,00	m/c			
Rendimiento: (c/d x Km. x	7,00	m3. )		= Kmm3/c	1.001,00
Transporte					
<u>EQUIPO</u>					
1,0 Camión Motohormigonero	0		HP		
			250,00	\$	83.585.297,00
			250,00	\$	83.585.297,00
A. e I.=	/d	0,00096	x \$	83.585.297,00	= \$/d 80241,89
R. y R.=	/d	0,00056	x \$	83.585.297,00	= \$/d 46807,77
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116	x HP	250,00	= \$/d 424165,29
Mano de Obra:					
1,0 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2	= \$/d	79355,2	
			\$/d		<u>630570,15</u>
Rendimiento:	1.001,00	Kmm3/d			
Costo:	630570,15	\$/d		= \$/Kmm3	<u>629,94</u>
	1.001,00	Kmm3/d			

**RESUMEN:**

I - Materiales:				= \$/m3	363.088,95
II - Ejecución :				= \$/m3	29.743,14
III- Transporte:	629,94	\$/Kmm3 x Km	110,00	= \$/m3	69293,40
				\$/m3	<u>462125,49</u>
Costo pr m2 :	462.125,49	\$/m3 x m3/m2	0,60	= \$/m2	<u>277.275,29</u>

<b>COSTO:</b>	<b>277275</b>	<b>\$/m2 x</b>
---------------	---------------	----------------

#### Item 4.1 - COLUMNA METALICA H=9m CON PESCANTE

##### I - MATERIALES

Columna metalica 9metros c/pescante de 2,5m = \$/N° 347.107,43

##### II - EJECUCIÓN

##### Equipo

1 Grua P&H			H.P.		
			90,00		\$ 61.529.224,00

A. e I.=	/d	0,00096 x \$	61.529.224,00	= \$/d	59.068,06
----------	----	--------------	---------------	--------	-----------

R. y R.=	/d	0,00056 x \$	61.529.224,00	= \$/d	34.456,37
----------	----	--------------	---------------	--------	-----------

C. y L.=	\$/HP d	1696,66116 x HP	90,00	= \$/d	152.699,50
----------	---------	-----------------	-------	--------	------------

246.223,93

##### Mano de Obra:

3 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 = \$/d	238065,6		
-------------	--------	----------------	----------	--	--

10 Ayudante	x \$/d	61458,85 = \$/d	614588,50	= \$/d	852654,1
-------------	--------	-----------------	-----------	--------	----------

1.098.878,03

Rendimiento: 7,00 N°/d

Costo:	1.098.878,03	\$/d	= \$/N°	156982,58
--------	--------------	------	---------	-----------

7,00 N°/d

##### **RESUMEN:**

I - MATERIALES	= \$/N°	347107,43
----------------	---------	-----------

II - EJECUCIÓN	= \$/N°	156982,58
----------------	---------	-----------

504090,01

<b>COSTO:</b>	<b>504090,01</b>	<b>\$/N°</b>
---------------	------------------	--------------

#### Item 4.2 - ARTEFACTO DE ILUMINACION TIPO LED 150w

##### I - MATERIALES

artefacto de 150w tipo led = \$/N° 174.380,16

##### II - EJECUCIÓN

##### Equipo

0,5 Grua P&H			H.P.		
			45,00		\$ 30.764.612,00

A. e I.=	/d	0,00096 x \$	30.764.612,00	= \$/d	29.534,03
----------	----	--------------	---------------	--------	-----------

R. y R.=	/d	0,00056 x \$	30.764.612,00	= \$/d	17.228,18
----------	----	--------------	---------------	--------	-----------

C. y L.=	\$/HP d	1696,66116 x HP	45,00	= \$/d	76.349,75
----------	---------	-----------------	-------	--------	-----------

123.111,96

##### Mano de Obra:

2 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 = \$/d	158710,4		
-------------	--------	----------------	----------	--	--

5,5 Ayudante	x \$/d	61458,85 = \$/d	338023,68	= \$/d	496734,08
--------------	--------	-----------------	-----------	--------	-----------

619.846,04

Rendimiento: 7,00 N°/d

Costo:	619.846,04	\$/d	= \$/N°	88549,43
--------	------------	------	---------	----------

7,00 N°/d

##### **RESUMEN:**

I - MATERIALES	= \$/N°	174380,16
----------------	---------	-----------

II - EJECUCIÓN	= \$/N°	88549,43
----------------	---------	----------

262929,59

<b>COSTO:</b>	<b>262929,59</b>	<b>\$/N°</b>
---------------	------------------	--------------



**Item 4.3- CABLE PRENSAMBLADO DE ALUMINIO s=4x6mm2**I - MATERIALES

cable preensablado de aluminio 4x16mm	'= \$/m	6.182,00
---------------------------------------	---------	----------

II - EJECUCIÓNEquipo

0,5 Grua P&H	H.P.		
	45,00	\$	30.764.612,00

A. e I.=	/d	0,00096 x \$	30.764.612,00	= \$/d	29.534,03
----------	----	--------------	---------------	--------	-----------

R. y R.=	/d	0,00056 x \$	30.764.612,00	= \$/d	17.228,18
----------	----	--------------	---------------	--------	-----------

C. y L.=	\$/HP d	1696,66116	x HP	45,00	= \$/d	76.349,75
----------	---------	------------	------	-------	--------	-----------

					<u>123.111,96</u>
--	--	--	--	--	-------------------

## Mano de Obra:

1 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 = \$/d	79355,2		
-------------	--------	----------------	---------	--	--

2 Ayudante	x \$/d	61458,85 = \$/d	122917,70	= \$/d	202272,9
------------	--------	-----------------	-----------	--------	----------

				= \$/d	<u>325.384,86</u>
--	--	--	--	--------	-------------------

Rendimiento:	150,00	m/d
--------------	--------	-----

Costo:	<u>325.384,86</u>	\$/d	'= \$/m	<u>2169,23</u>
--------	-------------------	------	---------	----------------

150,00	Nº/d
--------	------

**RESUMEN:**

I - MATERIALES	'= \$/m	6182,00
----------------	---------	---------

II - EJECUCIÓN	'= \$/m	<u>2169,23</u>
----------------	---------	----------------

'= \$/m	<u><u>8351,23</u></u>
---------	-----------------------

<b>COSTO:</b>	<b>8351,23</b>	<b>'= \$/m</b>
---------------	----------------	----------------

#### Item 4.4- TABLERO COMANDO

##### I - MATERIALES

Gabinete	'= \$/u	\$	76.362,00
Disyuntor tetrapolar	'= \$/u	\$	91.240,00
Llave termomagnetica tetrapolar	'= \$/u	\$	81.240,00
Contactador	'= \$/u	\$	86.029,00
fotocelula	'= \$/u	\$	6.886,00
fusible NH 00 de 10A	'= \$/u	\$	10.976,00
fusible NH 00 de 50A	'= \$/u	\$	10.923,00
Base porta fusible NH 00	'= \$/u	\$	12.082,00
Jabalina de cobre p. estañada p/descarga a tierra 2,00 mts.	'= \$/u	\$	57.000,00
		\$	432.738,00

##### II - EJECUCIÓN

<u>Equipo</u>		<u>H.P.</u>			
0,5 Grua P&H		45,00		\$	30.764.612,00
A. e I.=	/d	0,00096 x \$	30.764.612,00	= \$/d	29.534,03
R. y R.=	/d	0,00056 x \$	30.764.612,00	= \$/d	17.228,18
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116 x HP	45,00	= \$/d	76.349,75
					123.111,96
Mano de Obra:					
1 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 = \$/d	79355,2		
3 Ayudante	x \$/d	61458,85 = \$/d	184376,55	= \$/d	263731,75
				= \$/d	386.843,71
Rendimiento:	1,00	m/d			
Costo:		386.843,71 \$/d		= \$/N°	386843,71
		1,00 N°/d			

##### **RESUMEN:**

I - MATERIALES	= \$/N°	432738,00
II - EJECUCIÓN	= \$/N°	386843,71
	\$/N°	819581,71

<b>COSTO:</b>	<b>819581,71</b>	<b>\$/N°</b>
---------------	------------------	--------------

**Item -HORMIGON SIMPLE PARA BASES**

Distancia de transporte = 110,00 Km

**I- MATERIALES:**

Hormigon elaborado piedra gruesa H-30				\$/m3	158.560
Acero Dulce y Especial	0,0230 Tn/m3 x \$/Tn	2.247.571,68	= \$/m3		51.694,15
			\$/m3		<u>210.254,08</u>

**II - EJECUCION.**

EQUIPO			H.P.		
0,0 Aserradora Juntas C/M.Perk.Mod.AJ-75			0	\$	0,00
1,0 Cargador Frontal (Astarza 950-1) 2,29m3			130	\$	124.442.002,00
Moldes, Compresor, Herr. Menores, etc.	2,00%		60	\$	2.488.800,00
			190	\$	126.930.802,00
A. e I.=	/d	0,00096	x \$	126.930.802,00	= \$/d 121.853,57
R. y R.=	/d	0,00056	x \$	126.930.802,00	= \$/d 71.081,25
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116	x HP	190,00	= \$/d 322.365,62
Mano de Obra:					
1,0 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2	= \$/d	79355,2	
2,0 Ayudante	x \$/d	61458,85	= \$/d	122917,7	= \$/d 202.272,90
				\$/d	<u>717.573,34</u>
Rendimiento:	130,00	m3/d			
Costo:	<u>717.573,34</u>	\$/d		= \$/m3	<u>5.519,79</u>
	130,00	m3/d			

**III- TRANSPORTE DEL HORMIGÓN .****D.M.T. = 110 km**

Cálculo de Rendimiento

T.M.C. ....				= m/c	10,00
Recorrido =	<u>2 x 60 x</u>	<u>110</u>	<u>Km</u>	= m/c	330,00
	40,00	Km/h			
T.M.D. ....				= m/c	30,00
				= m/c	370,00
Ciclo diario:	<u>480</u>	<u>m/d</u>		= c/d	1,3
	370,00	m/c			
Rendimiento: (c/d x Km. x		7,00	m3. )	= Kmm3/d	1.001,00
Transporte					
<u>EQUIPO</u>			HP		
1,0 Camión Motohormigonero	0		<u>250,00</u>	\$	83.585.297,00
			250,00	\$	83.585.297,00
A. e I.=	/d	0,00096	x \$	83.585.297,00	= \$/d 80241,89
R. y R.=	/d	0,00056	x \$	83.585.297,00	= \$/d 46807,77
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116	x HP	250,00	= \$/d 424165,29
Mano de Obra:					
1,0 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2		= \$/d	79355,2
				\$/d	<u>630570,15</u>
Rendimiento:	1.001,00	Kmm3/d			
Costo:	<u>630570,15</u>	\$/d		= \$/Kmm3	<u>629,94</u>
	1.001,00	Kmm3/d			

**RESUMEN:**

I - Materiales:				= \$/m3	210.254,08
II - Ejecución :				= \$/m3	5.519,79
III- Transporte:	629,94	\$/Kmm3 x Km	110,00	= \$/m3	69293,40
				\$/m3	<u>285067,27</u>

Costo pr m2 : 285.067,27 \$/m3 x m3/m2 0,00 = \$/m2 0,00

					<b>COSTO:</b>	<b>285067</b>	<b>\$/m3</b>



#### Item 4.4- darsena y refugio para peatones

##### I - MATERIALES

Plataforma sobre elevada de hormigon	'= \$/u	\$	819.990,91
base de rdc	'= \$/u	\$	3.361.575,05
base de hormigon	'= \$/u	\$	7.358.892,80
cubierta de chapa	'= \$/u	\$	97.997,25
cierre de chapa perforada	'= \$/u	\$	173.368,78
tronco de h <sup>o</sup> a	'= \$/u	\$	138.767,69
columna estructural (10x10x0,8)	'= \$/u	\$	59.520,00
asiento chapa perforada	'= \$/u	\$	318.888,00

\$ 12.329.000,48

##### II - EJECUCIÓN

##### Equipo

	H.P.	
1 Cargador Frontal Caterpillar (3,0m3)	170,00	\$ 252.492.870,00
1 Regla Vibratoria Completa	5,00	\$ 3.492.446,00
Moldes, Compresor, Herr. Menores, etc.	2,00%	\$ 5.119.700,00

A. e I.=	/d	0,00096 x \$	5.119.700,00	= \$/d	4.914,91
R. y R.=	/d	0,00056 x \$	5.119.700,00	= \$/d	2.867,03
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116 x HP	60,00	= \$/d	101.799,67
					109.581,61

##### Mano de Obra:

1 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 = \$/d	79355,2		
5 Ayudante	x \$/d	61458,85 = \$/d	307294,25	= \$/d	386649,45
				= \$/d	496.231,06

##### **RESUMEN:**

I - MATERIALES	'= \$/u	12329000,48
II - EJECUCIÓN	'= \$/u	496231,06
	\$/u	12825231,54

**COSTO: \$ 12.825.231,54 \$/u**

#### Item 4.6 - morseteria

##### I - MATERIALES

morsetos	= \$/N°	3.993,00
----------	---------	----------

##### II - EJECUCIÓN

##### Equipo

	H.P.	
0,5 Grua P&H	45,00	\$ 30.764.612,00

A. e I.=	/d	0,00096 x \$	30.764.612,00	= \$/d	29.534,03
R. y R.=	/d	0,00056 x \$	30.764.612,00	= \$/d	17.228,18
C. y L.=	\$/HP d	1696,66116 x HP	45,00	= \$/d	76.349,75
					123.111,96

##### Mano de Obra:

1 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 = \$/d	79355,2		
1 Ayudante	x \$/d	61458,85 = \$/d	61458,85	= \$/d	140814,05
				= \$/d	263.926,01

Rendimiento: 50,00 N°/d

Costo:	263.926,01 \$/d	= \$/N°	5278,52
	50,00 N°/d		

##### **RESUMEN:**

I - MATERIALES	= \$/N°	3993,00
II - EJECUCIÓN	= \$/N°	5278,52
	\$/N°	9271,52

**COSTO: 9271,52 \$/N°**

**Item 5.1 - paisajismo**I - MATERIALES

cesped	'= \$/u	9.000.000,00
--------	---------	--------------

II - EJECUCIÓN

## Mano de Obra:

5 Ofi. Esp.	x \$/d	79355,2 = \$/d	396776		
40 Ayudante	x \$/d	61458,85 = \$/d	2458354,00	= \$/d	2855130
				= \$/d	<u>2.855.130,00</u>

**RESUMEN:**

I - MATERIALES	'= \$/gl	9000000,00
II - EJECUCIÓN	'= \$/gl	<u>2855130,00</u>
	\$/gl	<u>11855130,00</u>

<b>COSTO:</b>	<b>\$</b>	<b>11.855.130,00</b>	<b>\$/gl</b>
---------------	-----------	----------------------	--------------