



PROYECTO FINAL

CARRETERA EMBARCACIÓN-ORÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INTEGRANTES: Alonso, Carlos
 Pérez Varela, Sofia
 Viscarra, Angélica

2018

AGRADECIMIENTOS

Ya finalizado nuestro trabajo, queremos agradecer a cada uno de los que colaboraron y participaron de alguna u otra manera para que logremos nuestro objetivo. Principalmente agradecer a nuestras familias, ya que sin ellos, sin su apoyo y aliento, en los buenos y malos momentos de nuestra carrera, nada de esto podría ser posible; a nuestros amigos por su apoyo incondicional.

Al agrimensor Oscar Pérez, que no solo nos puso a disposición su estación total y movilidad para el respectivo relevamiento, sino que también nos hospedó en su casa en la Ciudad de Embarcación.

A los docentes de la Universidad Católica de Salta, que ante cualquier consulta siempre estuvieron disponibles, en especial al Ingeniero Ramiro Reyes, al Agrimensor Mario Abrantes Pereira y a la Ingeniera Celina Merani, que nos ayudaron en diversos momentos de nuestro trabajo y compartieron sus conocimientos desinteresadamente.

Al personal administrativo de la facultad, que nos brindaron toda la información necesaria para la presentación del trabajo, sobre todo a la querida "Pato" que brindó su ayuda y apoyo incansablemente.

A la Dirección Nacional de Vialidad, Ing. Francisco Bloser, Ing. Héctor H. de la Fuente, por dejarnos usar las instalaciones del laboratorio del 5° Distrito, al Señor Rubén Martínez, laboratorista, que nos compartió y colaboró en la ejecución de los laboratorios.

A toda la gente de la División Proyectos de Vialidad Nacional, que nos brindaron todas las herramientas de trabajo y aconsejaron para tomar la mejor decisión de diseño, destacando al Ing. Martín Douthat, nuestro profesional Guía, que atendió cada una de nuestras consultas; y al Señor Sergio Valdez por su ayuda a aprender el uso del AutoCad Cívil 3D.

A nuestros compañeros de trabajo, que siempre brindaron su apoyo al momento de preparar un examen, rendir un final y por sobre todo la presentación de nuestra Tesis.

Por último no queremos dejar de agradecer y encomendarnos a Dios y a la Virgen, por acompañarnos en cada paso que fuimos dando en la Carrera y lograr nuestro anhelado Título de Ingeniero Civil.

MUCHAS GRACIAS!!!

Contenido

CAPITULO N°1. – INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO N°2. – OBJETIVOS	9
I. - Objetivos academicos generales	9
II. - Objetivos específicos del proyecto	9
CAPITULO N°3. – CARACTERÍSTICAS GENERALES	10
I. - Contexto general.....	10
II. - Características del camino	12
CAPITULO N°4. – CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	17
I. - Principios de diseño	17
I.1. - Tránsito	17
I.2. - Categoría del camino	20
I.3. - Velocidad directriz.....	20
I.4. - Peralte máximo	21
I.5. - Ancho de calzada	21
I.6. - Pendiente máxima.....	21
II. - ESTUDIO TOPOGRÁFICO	22
II.1. - Relevamiento topografico – Trabajo de campo	23
II.2. - Creación de la superficie a partir del Global Mapper – Trabajo de gabinete	25
II.3. - Alternativas del trazado a proyectar	26
III. - Distancias visuales	29
III.1. - Consideraciones generales	29
III.2. - Distancia visual de detención (DVD)	29
Distancia de percepción y reacción (DPR)	30
Distancia frenado (DF).....	30
III.3. - Distancia visual de adelantamiento o sobrepaso (DVA).....	31
IV. - Curvas horizontales	34
IV.1. - Curvas con transición.....	34
IV.1.a. - Longitud mínima	35
IV.1.b. - Elementos	35
IV.1.c. - Peralte	37
IV.2. - Sobreechancho	37
IV.3. - Calculo de curvas horizontales.....	38

V. - Curvas verticales	40
V.1. - Tipos de curvas verticales	41
V.2. - Curvas verticales cóncavas	41
Elementos	42
V.3. - Curvas verticales convexas	42
Elementos	42
V.4. - Calculo	45
VI. - Movimiento de suelo	47
VI.1. - Perfiles	47
VI.2. - Compensación de movimiento de suelo: Diagrama de Bruckner	49
Transporte de Suelo	51
CAPITULO N°5. – ESTUDIO DE SUELO	52
I. - Concepto	52
II. - Recoleccion de muestras	52
II.1. - Tamizado de suelo por vía húmeda. VN-E1-65	53
Objetivo	53
Resultados	53
Conclusión	54
II.2. - Ensayo Limite Líquido. VN-E2-65	54
Objetivos	54
Resultados	54
II.3. - Límite PLástico – Índice de Plasticidad. VN-E3-65	54
Objetivos	54
Resultados	54
II.4. - Clasificación de suelos. VN-E4-84	55
Objetivos	55
Resultados	55
Conclusión	55
II.5. - Ensayo de compactación. VN- E5-93	55
Objetivos	55
Resultados	55
Conclusión	56
II.6. - Ensayo Valor Soporte - Dinamico simplificado. VN-E6-84	56

Objetivo.....	56
Resultados	56
Conclusión	56
CAPITULO Nº 6. – DISEÑO DE PAVIMENTOS	57
I. - Generalidades	57
II. - Método de diseño AASHTO	58
CAPITULO Nº 7. – OBRAS DE ARTES MENORES	65
I. - Introducción.....	65
II. - Cálculo hidrológico	65
II.1. - Precipitaciones Maximas Anual	65
II.2. - Analisis estadístico de datos hidrológicos	66
II.3. - Determinación de las curvas I-D-T.....	68
III. - Cálculo del Caudal Máximo.....	70
IV. - Cálculo de sección de alcantarillas	72
CAPITULO Nº 8. – INTERSECCIÓN	75
I. - Intersecciones	75
II. - Intersecciones a nivel	75
II.1. - Factores que intervienen en la elección	75
II.1.a. - Tránsito.....	75
II.1.b. - Entorno físico	76
II.1.c. - Factores económicos.....	76
II.1.d. - Factores humanos	76
III. - Principios de diseño	79
III.1. - El funcionamiento desde el punto de vista del conductor.....	79
III.2. - Ubicación de las intersecciones.....	79
III.2.a. - En curvas horizontales.....	79
III.2.b. - En pendiente.....	79
III.2.c. - Ángulo de intersección	80
III.2.d. - Distancia visual de intersección	80
III.3. - Puntos de conflicto.....	80
III.4. - Movimientos de paso y movimientos de giro	81
IV. - Distancia visual en intersecciones.....	83
V. - Vehículo de diseño.....	83

V.1. - Mínima trayectoria de giro del vehículo de diseño.....	84
VI. - Rotondas modernas.....	85
VI.1. - Elementos de una rotonda.....	86
VI.2. - Diseño geométrico.....	89
VI.2.a. - Isleta central.....	89
VI.2.b. - Ancho de la plataforma circulatoria.....	89
VI.2.c. - Ramal de entrada.....	90
VI.3. - Señalamiento.....	91
VI.4. - Iluminación.....	92
VII. - Rotonda de proyecto.....	93
VII.1. - Planimetría general.....	95
VII.2. - Plano de replanteo.....	97
VII.3. - Plano de señalización horizontal y vertical.....	97
VII.4. - Plano de iluminación.....	99
VII.5. - Perfiles transversales.....	99
VII.6. - Plano de juntas de losas- pavimento rígido.....	99
CAPITULO Nº 9. – EXPROPIACIONES.....	103
I. - Objetivos generales.....	103
I.1. - Ley nacional de expropiación Nº 21.499.....	103
CAPITULO Nº 10. – ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL.....	106
I. - Evaluación de Impacto Ambiental.....	106
II. - Ley 7543 – Ordenamiento Territorial de bosques nativos de la Provincia de Salta.....	110
III. - Determinación de posibles impactos ambientales.....	112
CAPITULO Nº 11. – CÓMPUTO Y PRESUPUESTO.....	119
I. - Consideraciones generales.....	119
I.1. - Presupuesto.....	120
CAPITULO Nº 12. – CONCLUSIÓN.....	123
CAPITULO Nº 13. – BIBLIOGRAFIA.....	124

CAPITULO N°1. – INTRODUCCIÓN

Los relevamientos topográficos lo realizamos con el objeto de localizar y proyectar nuestra carretera, entendiéndose como tal, una superficie en la que predomina la longitud con respecto al ancho, sobre la cual los vehículos pueden transitar con seguridad y comodidad a una velocidad determinada.

El proyecto consta del trazado de una ruta alternativa Embarcación - Orán, de aproximadamente 25 km. Actualmente, para realizar este recorrido se debe circular por RN 34 (16Km) pasando por la localidad de Pichanal, continuando por RN 50 (32Km) para poder, finalmente, llegar a San Ramón de la Nueva Orán. El alcance de nuestro proyecto, se basó en el estudio de los primeros 5 kilómetros del tramo total. Ver *Lámina PG-001- Planimetría General*.

Por otro lado, se realizó el análisis y diseño de un distribuidor, como solución al problema que se presenta en la intersección de nuestro proyecto con la actual RN 34, debido al importante flujo de tránsito pesado, se buscó la solución más adecuada, en cuanto a seguridad y economía, ya sea por un distribuidor a nivel o en alto nivel.

Como proyectistas de esta carretera buscamos brindar seguridad y confort a los usuarios de la vía, teniendo en cuenta el impacto social y ambiental de la obra, la estética vial y la evaluación económica.

CAPITULO N°2. – OBJETIVOS

I. -OBJETIVOS ACADEMICOS GENERALES

- Elaborar un proyecto viable de carretera, aplicando y relacionando conocimientos de distintas materias cursadas en nuestras respectivas carreras como topografía, puentes, vías de comunicación, carreteras, entre otras.
- Conocer los programas de cálculo y diseño aplicables a nuestro proyecto, como por ejemplo AutoCAD Civil 3D, Global Mapper, etc.
- Aplicar de manera práctica conocimientos teóricos topográficos adquiridos, empleando tecnologías nuevas.

II. -OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

Debido a la precariedad de la traza existente, conocida como “zanja del Tigre”, dado a que es un camino de accesos rurales, el objetivo principal perseguido por nuestro proyecto es ampliar la Red Vial de la zona, generando una conexión mediante una ruta alternativa proyectada de manera tal de cumplimentar las Normas de Diseño Vial, a fin de minimizar tiempos y acortar distancias; beneficiando a la población de las localidades vecinas.

Asimismo, desarrollar una intersección adecuada, actualmente inexistente, que permita proteger a los usuarios de la mejor forma, considerando las distintas trayectorias vehiculares en conflicto de la intersección, minimizando la probabilidad de accidentes y así, contribuir a la necesidad de infraestructura vial de la zona, permitiendo el desarrollo y crecimiento de las mismas.

CAPITULO N°3. – CARACTERÍSTICAS GENERALES

I. -CONTEXTO GENERAL

Las localidades San Ramón de la Nueva Orán, ubicada sobre Ruta Nacional N°50, Pichanal y Embarcación, ubicada sobre Ruta Nacional N°34, constituyen un importante corredor vial de mediano recorrido. La intersección entre ambas rutas nacionales, ubicada sobre la localidad de Pichanal, representa un importante punto de concentración vehicular, sobretodo de vehículos pesados, por tratarse de una región de producción azucarera y frutihortícola del Norte de Salta.

El tramo a proyectar pretende la conexión entre Embarcación y Orán, el mismo tiene 20 kilómetros menos de distancia con respecto al recorrido actual, el cual cuenta con una distancia de 45.7 kilómetros. La variante propuesta favorecerá al desarrollo económico y productivo de la zona; como así también, garantizará un importante ahorro en combustible, tanto en los vehículos livianos como en los transportes pesados. Por otro lado, se debe destacar que la principal ventaja del desarrollo de dicha variante es el descongestionamiento vehicular producido en la intersección actual, mejorando así, tanto la seguridad como la comodidad de los usuarios.

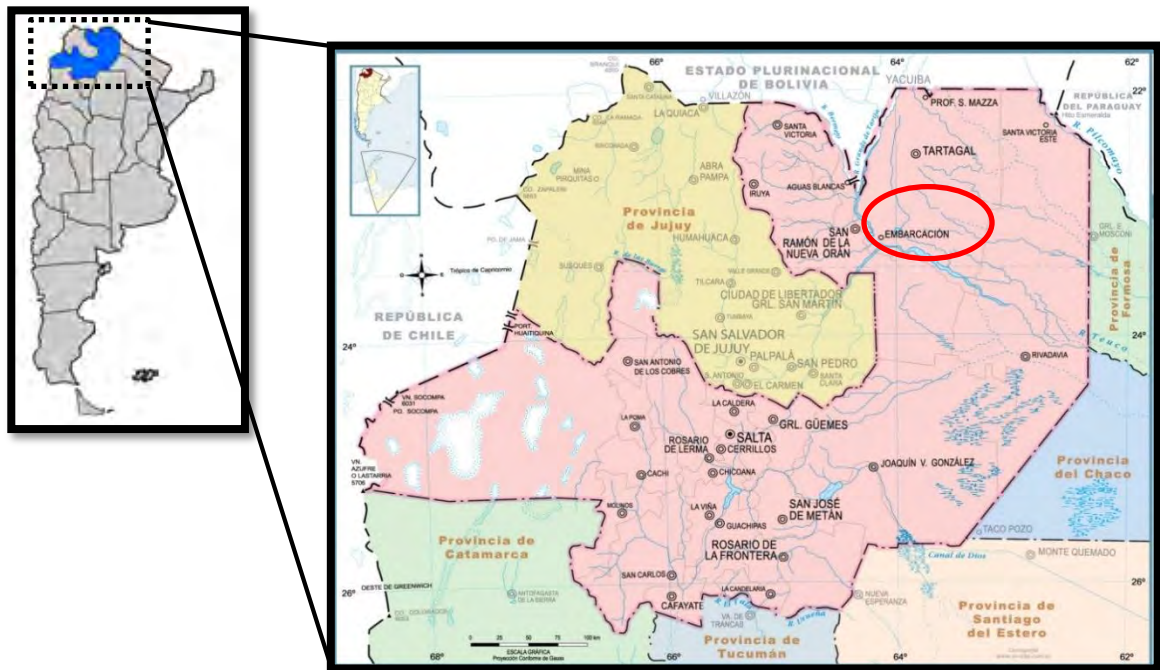


Imagen 1: Ubicación geográfica

Tal como se observa en la siguiente imagen para poder materializar el presente proyecto, será necesaria la construcción de un nuevo puente sobre el río Bermejo, estratégicamente ubicado de manera tal de reducir costos; teniendo en cuenta que posee un régimen hidrológico netamente pluvial, con una variedad estacional bien definida, caracterizado por un periodo de importantes caudales en época lluviosa, y otro de caudales mínimos en época seca.



Imagen 2: Ruta Alternativa Embarcación – Orán

II. -CARACTERÍSTICAS DEL CAMINO

El camino proyectado se encuentra en la localidad de Embarcación, sobre una traza existente (conocida como Zanja del Tigre), que se intersecta con la Ruta Nacional N°34. El tramo analizado en el presente proyecto comprende los primeros 5 kilómetros de los 25 km que separan las localidades de Embarcación – Orán; como se observa en la *Imagen 3: Tramo de 5km de estudio*.



Imagen 3: Tramo de 5km de estudio

Por tratarse de una zona básicamente agrícola, el trazado en estudio es de vital importancia para el funcionamiento del sistema productivo de la zona, ya que permite el acceso a las parcelas aledañas con maquinarias y camiones necesarios para la producción, que no sería factible sin ellas.

En primera instancia, se realizó el recorrido de toda la traza existente hasta su finalización sobre el Rio Bermejo. Durante dicho recorrido, se observaron las siguientes situaciones:

- Intersección del trazado existente con la Ruta Nacional N°34. La entrada y salida de vehículos pesados de permanente circulación, constituye un punto de peligro, afectando a la seguridad de los usuarios que se trasladan sobre la RN°34, además, de no cumplimentar con los parámetros mínimos de diseño, tales como radios de giro mínimos, dársenas, etc.



Imagen 4: Intersección Zanja del Tigre - Ruta Nacional N°34



Imagen 5: Progresiva 1+000.00. Vista Sur-Oeste.

- Ancho de camino. Por tramos, se pudo observar que posee un ancho insuficiente para el cruce de dos vehículos y más importante aún, considerando que es una zona agrícola, la presencia de vehículos pesados. Asimismo, cuenta, en algunos casos, curvas estrechas, de poco radio.

- Escasas obras hidráulicas. Debido a la precariedad del camino rural, no cuenta con las condiciones necesarias para un adecuado escurrimiento del agua; se pudo observar, no solo la ausencia y mala calidad de obras de arte, sino también en muchos tramos de la traza la falta de ejecución de cunetas, lo cual produjo grandes socavaciones en zonas cercanas a la calzada.



Imagen 6: Obra de arte. Prog 15+000.00 - Tramo fuera del alcance del proyecto



Imagen 7: Prog.3+000 - Ausencia de cunetas

- Presencia de socavaciones. Debido a que es un camino cercano a la ribera del río Bermejo, en épocas estivales, el escurrimiento del agua produce estas socavaciones debido a la ausencia de obras hidráulicas, como ser alcantarillas, cunetas, etc.



Imagen 8: Grandes socavaciones debido al escurrimiento del agua



Imagen 9: Prog. 4+400.00. Vista contraria al sentido de progresiva.

- Presencia de construcciones. A lo largo del recorrido se observaron diversas construcciones, como casas, galpones, etc. en las proximidades del trazado existente; que deberán ser expropiadas según el diseño geométrico de la traza proyectada. Asimismo, se pudo observar la presencia de una escuela rural y debido a que ésta no puede ser expropiada y relocalizarla implicaría un costo importante, lo más conveniente sería adecuar una traza del proyecto, en la cual se pueda mejorar la calidad de los accesos, brindando mayor seguridad a docentes y alumnos.



Imagen 10: Escuela N° 4667 - Paraje Zanja del Tigre. Prog 14+500.00.



Imagen 11: Galpón. Prog. 14+000.000. Vista Sentido de progresiva.

CAPITULO N°4. – CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

I. -PRINCIPIOS DE DISEÑO

Los parámetros adoptados en este proyecto final cumplimentan con lo estipulado en la *Norma de Diseño Geométrico de Caminos Rurales*, del Ingeniero Ruhle, Ed. 1967, de la DNV; y *las Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial* del 2010 de la EICAM.

Los parámetros de diseño geométricos considerados en el presente proyecto se resumen de la siguiente manera:

Parámetro	Valor Adoptado
Topografía	Ondulada
Categoría de Ruta	II
TMDA	3500 vehículos
Velocidad Directriz	100 km/hr
Peralte Máximo	6%
Ancho Calzada	7.30 m
Pendiente Máxima Deseable	3%
Pendiente Máxima Absoluta	5%
Radio Mínimo Deseable	835 m
Radio Mínimo Absoluto	450 m
Ancho de Coronamiento	13.30 m

I.1. - TRÁNSITO

El proyecto de nuevas carreteras no debe basarse solamente en los volúmenes de tráficos actuales, sino que debe tomar en cuenta también los probables de años futuros; generalmente se utiliza un periodo de entre 10 a 20 años, en nuestro caso adoptamos un periodo de diseño de 20 años. Estimar el tráfico más allá de ese periodo no se justifica, debido a que para ese entonces surgirán cambios en la población y su economía.

En la proyección del tráfico se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- El aumento del tráfico debido al crecimiento de la población, el número de vehículos en circulación y el mayor uso de los vehículos,
- Las características de atracción y generación de tráfico en zonas de rápido desarrollo urbano,
- Factores económicos que puedan afectar el uso de los vehículos,
- El desarrollo de los sistemas de transporte masivo.

Para la determinación estimativa del tránsito medio diario anual (TMDA), se analizó la situación de los vehículos totales que circulan por los tramos: Colonia Santa Rosa – Pichanal, Pichanal – Embarcación, Embarcación – Intersección RN81, Pichanal – Hipólito Yrigoyen, Hipólito Yrigoyen – Orán y Orán – Aguas Blancas. En la *Imagen 12: Tránsito Medio Diario Anual – Año 2014* se observa los TMDA correspondientes a cada tramo mencionados anteriormente, cuyos valores fueron obtenidos de la página de Vialidad Nacional pertenecientes al año 2014. A partir de estos valores, se consideró que el 50% del tránsito que circula por la RN34, desde Embarcación - Pichanal, se dirige a San Ramón de la Nueva Orán. Asimismo, se supuso que un 50% del tránsito proveniente del tramo Aguas Blancas – Orán incrementaría el tránsito inducido en la variante del proyecto. Por lo cual, se adoptó un TMDA=3500 vehículos.

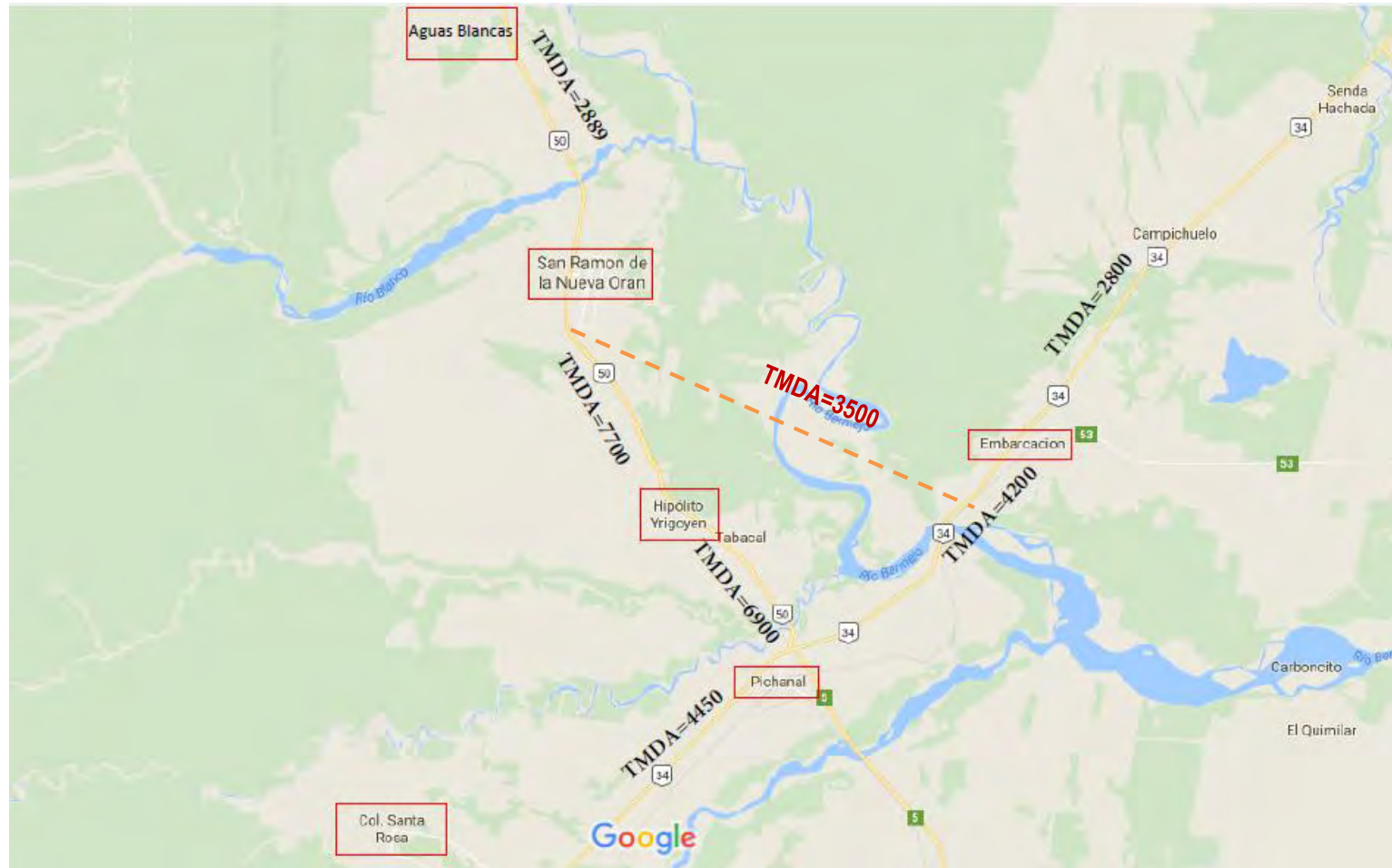


Imagen 12: Tránsito Medio Diario Anual – Año 2014

I.2. - CATEGORIA DEL CAMINO

En función a las necesidades de la región, su topografía y el tránsito estimado se definió la categoría de camino. De acuerdo, a la tabla de “Resumen de características de diseño geométrico de caminos rurales” se determinó que la categoría del proyecto es **Categoría II**. En la misma, se describe los parámetros mínimos requeridos de las características geométricas de diseño para el proyecto.

I.3. - VELOCIDAD DIRECTRIZ

Por tratarse de una zona topográfica ondulada, la velocidad directriz recomendada por la *Norma de Diseño Geométrico y Seguridad Vial, Ed. 2010 de la EICAM, Capítulo 2.4.1 “Controles de Diseño”*, varía entre los rangos 50 a 110 km/hr. Para el presente proyecto, se adoptó una **velocidad directriz de 100 km/h**.

Tabla 1: Resumen de características de diseño geométrico de caminos rurales – Lamina 1 – Atlas Normas del EICAM

CAMINOS		CARACTERÍSTICAS BÁSICAS				DISTANCIA VISUAL MÍNIMA				PLANIMETRÍA ④						ALTIMETRÍA			
TIPOS	CATEGORÍA	CONTROL DE ACCESO	NÚMERO DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ	DETECCIÓN	ADELANTAMIENTO	DECI-SIÓN	RADIOS MÍNIMOS emáx 6%		RADIOS MÍNIMOS emáx 8%		RADIOS MÍNIMOS emáx 10%		PENDIENTES MÁXIMAS		VALOR K BÁSICOS			
				①	②	③		DESEABLE	ABSOLUTO	DESEABLE	ABSOLUTO	DESEABLE	ABSOLUTO	DESEABLE	ABSOLUTA	CONVE-XA	CÓN-CAVA		
				km/h	m	m	m	m	m	m	m	m	m	%	%	m/%	m/%		
AUTOPISTA	ESPECIAL	TOTAL	≥(2+2)	130	339	-	410	1450	970	1085	845	870	750	2	3	226	88		
				120	290	-	380	1270	755	950	665	760	595	3	3	165	75		
				110	246	-	340	1095	585	820	520	655	470	3	4	119	62		
AUTOVÍA	I	TOTAL O PARCIAL	2+2	120	290	-	380	1270	755	950	665	760	595	3	3	165	75		
				110	246	-	340	1095	585	820	520	655	470	3	4	119	62		
				80	138	-	230	645	250	480	230	385	210	4	6	38	32		
CARRETERA	II	PARCIAL	2	120	290	800	380	1270	755	950	665	760	595	3	3	165	75		
				100	206	600	320	935	450	700	405	560	365	4	5	84	51		
				70	110	470	200	515	185	385	170	310	155	5	7	24	24		
				50	63	330	150	290	90	220	85	175	75	6	8	8	12		
COMÚN	III	PARCIAL O SIN CONTROL	2	110	246	740	340	1095	585	820	520	655	470	3	5	119	62		
				90	170	610	280	785	340	585	305	470	280	4	6	57	41		
				60	85	400	180	395	135	300	120	240	110	5	7	15	18		
				40	45	260	110	210	55	155	50	125	50	7	9	4	8		
BAJO VOLUMEN	IV	SIN CONTROL	2	100	206	680	320	935	450	700	405	560	365	4	6	84	51		
				70	110	470	200	515	185	385	170	310	155	5	7	24	24		
				50	63	330	150	290	90	220	85	175	75	6	8	8	12		
				30	30	190	80	120	30	90	30	70	25	7	9	4	4		
BAJO VOLUMEN	V	SIN CONTROL	2	90	170	610	280	785	340	585	305	470	280	5	6	57	41		
				50	63	330	150	290	90	220	85	175	75	6	8	8	12		
				30	30	190	80	120	30	90	30	70	25	7	10	4	4		
				25	24	160	60	80	20	60	20	50	20	8	11	4	4		

Tabla 2: Resumen de características de diseño geométrico de caminos rurales – Lamina 2 – Atlas Normas del EICAM

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

I.4. - PERALTE MÁXIMO

Se adoptó un **peralte máximo de 6%** debido a que la topografía en la que se desarrolló el proyecto, como se mencionó anteriormente, pertenece a una zona rural ondulada.

I.5. - ANCHO DE CALZADA

De acuerdo a la planilla “Resumen de características de diseño geométrico de caminos rurales”, se consideró un **ancho de calzada de 7.30 m**, con lo cual es apto para que 2 vehículos circulen, en forma segura y cómoda, simultáneamente y en sentidos opuestos.

I.6. - PENDIENTE MÁXIMA

Remitiéndonos a la planilla de la “Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial” del EICAM (2010), se determinó, según la categoría, la topografía de la zona y la velocidad directriz adoptada; que la **pendiente máxima deseable es 3%**, admitiendo una **pendiente máxima absoluta de 5%**.

Se analizó distintas alternativas del diseño de la rasante, proyectando finalmente valores de pendiente menores al 3%, siendo la máxima del proyecto del 2.06% y la mínima del 0.31%. (Ver Lámina PA-002 – Planialtimetría y Lámina PA-001 – Planialtimetría, respectivamente)

II. -ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Definimos como “Estudio Topográfico” al conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica. Esta representación o plano resulta esencial para situar correctamente el proyecto llevado a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico. Si se desea conocer la posición de puntos en el área de interés, es necesario determinar su ubicación mediante tres coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota.

En este caso, se decidió trabajar sobre una traza existente (camino rural), es por ello que las condiciones topográficas de la región son un factor muy importante al seleccionar la situación de un nuevo trazado y son las que primero deben ser analizadas para poder establecer las diferentes alternativas de unión entre los puntos extremos a enlazar.

El relevamiento de puntos del proyecto se desarrolló durante los fines de semana del mes de septiembre del 2014.

Para realizar levantamientos topográficos utilizamos instrumentos como estación total, handies, etc. El levantamiento topográfico fue el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno a construir, replanteo, amojonamientos y demás.

Equipo afectado para poder efectuar este proyecto:

- Estación total marca SOKKIA Set 10K
- Prismas.
- Handies.
- Estacas.
- Machete (corte de malezas).



Imagen 13: Estación Total

II.1. - RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO – TRABAJO DE CAMPO

Mediante el uso de la estación total, se realizó el relevamiento topográfico del trazado existente, de esta manera, se determinó y se propuso una “poligonal abierta” para iniciar con los trabajos de diseño geométrico, cuyos vértices fueron también relevados; en la *Imagen 14: Curvas de Nivel* el relevamiento del camino se encuentra representada con una línea roja, como así también el eje de la ruta nacional N°34 en verde.



Imagen 14: Curvas de Nivel

El levantamiento topográfico, se inició en la intersección con la actual RN N° 34, en cual se determinó el eje de dicha ruta y los puntos fijos de nuestro proyecto, (uno al inicio y otro al final del tramo en estudio).

PUNTOS FIJOS		
PUNTO	X	Y
PF1	4385609.3	7431910.979
PF2	4381575.7	7432689.749



Imagen 15: Relevamiento intersección RN N° 34 y PF 2

A partir de allí se tomaron lecturas formando un perfil transversal de 5 (cinco) puntos, uno sobre el eje del camino existente, dos sobre los bordes de la traza y dos puntos extremos más sobre el terreno natural. Estos perfiles se tomaron en las curvas horizontales en tres tamos, al inicio, al centro y fin de curva. En el caso de los tramos donde se mantenían las condiciones de relieve se tomaron a una distancia mayor, generalmente cada 50 metros. Del mismo modo, se relevaron puntos intermedios solamente sobre el eje del camino. A cada uno de ellos se le asignó un código correspondiente como por ejemplo EJE, PTO, etc. A modo de ejemplo, podemos observar *Imagen 16: Archivo txt extraída de la estación total* algunos de los puntos relevados, como así también en *Imagen 17: Puntos de relevamiento* se detalla los puntos en Autocad.

Puntos Originales: Bloc de notas				
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
4744	977.241	2195.666	495.698	PTO
4745	946.567	2168.243	495.68	PTO
4746	986.314	2154.578	496.945	AL
4747	991.291	2122.996	496.265	EJE
4748	983.833	2045.737	499.23	AL
4749	986.727	2045.443	498.047	PTO
4750	991.14	2045.037	497.89	EJE
4751	997.297	2044.705	498.15	PTO
4752	997.823	2045.463	499.484	PTO
4753	1019.328	1975.276	499.836	PTO
4754	1024.588	1976.103	499.774	EJE
4755	1027.039	1978.83	499.713	PTO
4756	1084.024	1920.989	502.451	PTO
4757	1081.028	1922.142	502.398	PTO
4758	1076.997	1920.634	502.346	EJE
4759	1083.874	1920.027	502.598	
4762	1071.989	1918.236	502.194	PTO
4763	1068.875	1917.381	502.372	PTO
4764	1090.051	1848.831	505.926	EJE
4765	1099.224	1826.244	507.708	
4766	1118.257	1811.461	508.904	EJE
4767	1115.573	1808.88	509.097	PTO
4768	1114.854	1807.162	510.571	PTO
4769	1121.85	1815.946	508.607	PTO
4770	1122.534	1817.386	508.989	PTO
4771	1153.7	1791.58	510.564	EJE
4772	1210.627	1758.462	514.902	E4
4773	1210.629	1758.464	514.896	
4774	1196.979	1763.499	513.497	EJE
4775	1235.296	1701.139	515.17	EJE
4776	1263.553	1637.454	516.138	
4777	1235.526	1700.333	515.191	EJE
4778	1257.192	1644	515.825	EJE
4779	1265.298	1626.544	516.288	AC
4780	1265.888	1619.286	516.51	AC
4781	1241.612	1589.806	518.014	EJE
4782	1224.809	1563.404	519.936	
4783	1236.987	1580.585	518.521	EJE
4784	1232.812	1581.788	518.526	PTO
4785	1229.754	1581.315	520.225	PTO
4786	1238.662	1575.673	518.422	PTO
4787	1240.521	1573.743	519.913	PTO
4788	1228.419	1549.4	519.567	EJE
4789	1224.694	1550.262	519.479	PTO
4790	1222.681	1550.611	519.965	PTO
4791	1232.313	1549.038	519.433	PTO

Imagen 16: Archivo txt extraída de la estación total

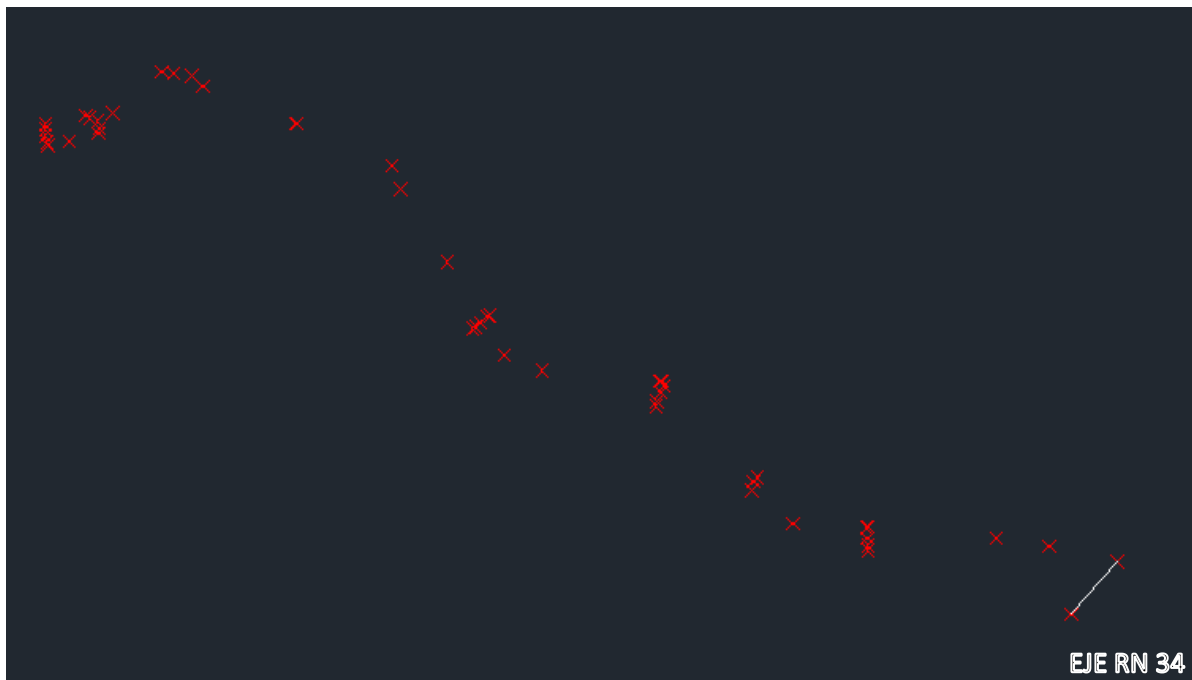


Imagen 17: Puntos de relevamiento

Debido a la extensión de la superficie y la dificultad presentada para relevar por completo dicha zona, ya que se trata de una zona de montes, propiedades privadas, etc. se decidió complementar nuestro relevamiento con la ayuda de un software. En un principio se pretendió crear las curvas de nivel a partir del software Google Earth, pero debido a su simplicidad se decidió trabajar con un software más específico Global Mapper. Este programa nos permitió obtener las curvas de nivel a partir de una imagen satelital Astergdem.

II.2. - CREACIÓN DE LA SUPERFICIE A PARTIR DEL GLOBAL MAPPER – TRABAJO DE GABINETE

La información básica para poder representar el terreno digital se obtuvo en base al mapa topográfico digital: ASTERGDEM (ASTER Global Digital Elevation Model) que es un proyecto desarrollado por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), el cual se basa en las medidas recogidas por el instrumento radiométrico ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), que se encuentra a bordo del satélite TERRA (NASA) y cuya finalidad en nuestro proyecto es obtener una representación "más vasta y precisa" de la zona en estudio.

Las imágenes estereo recogidas por el radiómetro japonés llamado ASTER recoge las imágenes del espectro visible y también las regiones de longitud de onda de las radiaciones térmicas infrarrojas, con resoluciones espaciales que van desde unos 15 a 90 metros (50 a 300 pies) disponiendo así de información sobre la elevación del terreno.

ASTERGDEM se encuentran en formato GeoTIFF con coordenadas geográficas lat/long, coordenadas UTM, las que posteriormente se convierten en coordenadas planas Gauss – Krüger Sistema Posgar 94, con resolución espacial de 30 metros y hace referencia al geoide WGS84/EGM96.

A partir de esto se pudo elaborar las curvas de nivel. La imagen satelital georeferenciada obtenida de Google Earth, permite controlar la correspondencia de los rasgos topográficos con los de las curvas de nivel.

Así, mediante el uso de la mencionada información digital, se generó el plano que permitió desarrollar dichas curvas todo el estudio del proyecto.

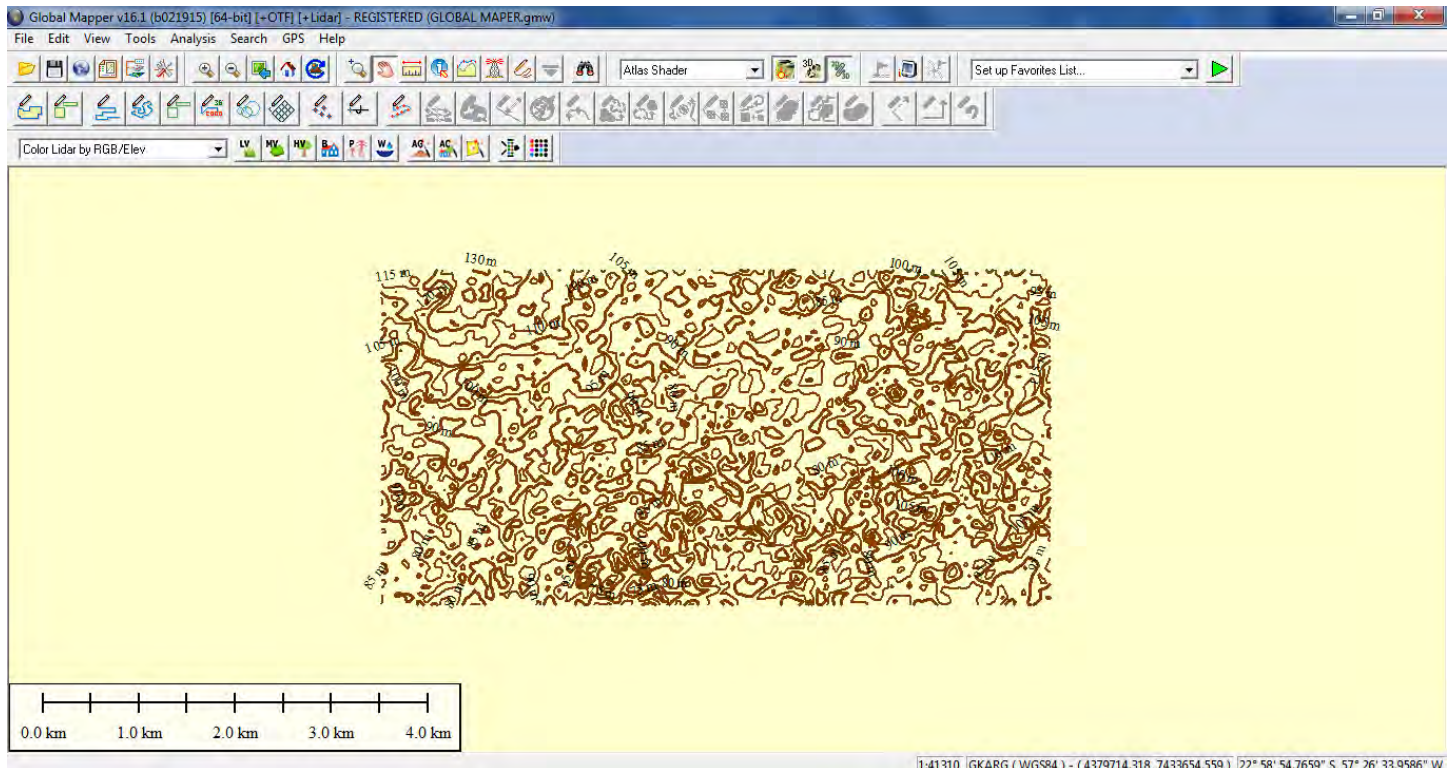


Imagen 18: Superficie generada en Global Mapper

II.3. - ALTERNATIVAS DEL TRAZADO A PROYECTAR

La primera alternativa considerada en este proyecto, se trazó de manera tal, que respetara lo máximo posible el trazado existente. El mismo estaba constituido por 8 curvas. Durante el desarrollo del análisis, se determinó una incongruencia para aquellas curvas en las cuales no cumplimentaban con los radios mínimos y longitudes espirales mínimas exigidas por las Normas de Diseño Geométrico de Vialidad Nacional. Ver *Imagen 19: Alternativa N°1*.

Para corregir dicho inconveniente, se optó por cambiar la traza, de manera tal de obtener una curva de mayor desarrollo, cumplimentando de esta manera, con los parámetros mínimos de trazado.

Se buscó proyectar, la nueva traza respetando lo máximo posible el trazado existente. Esta alternativa está constituida por 5 curvas. Ver *Imagen 20: Alternativa N°2*

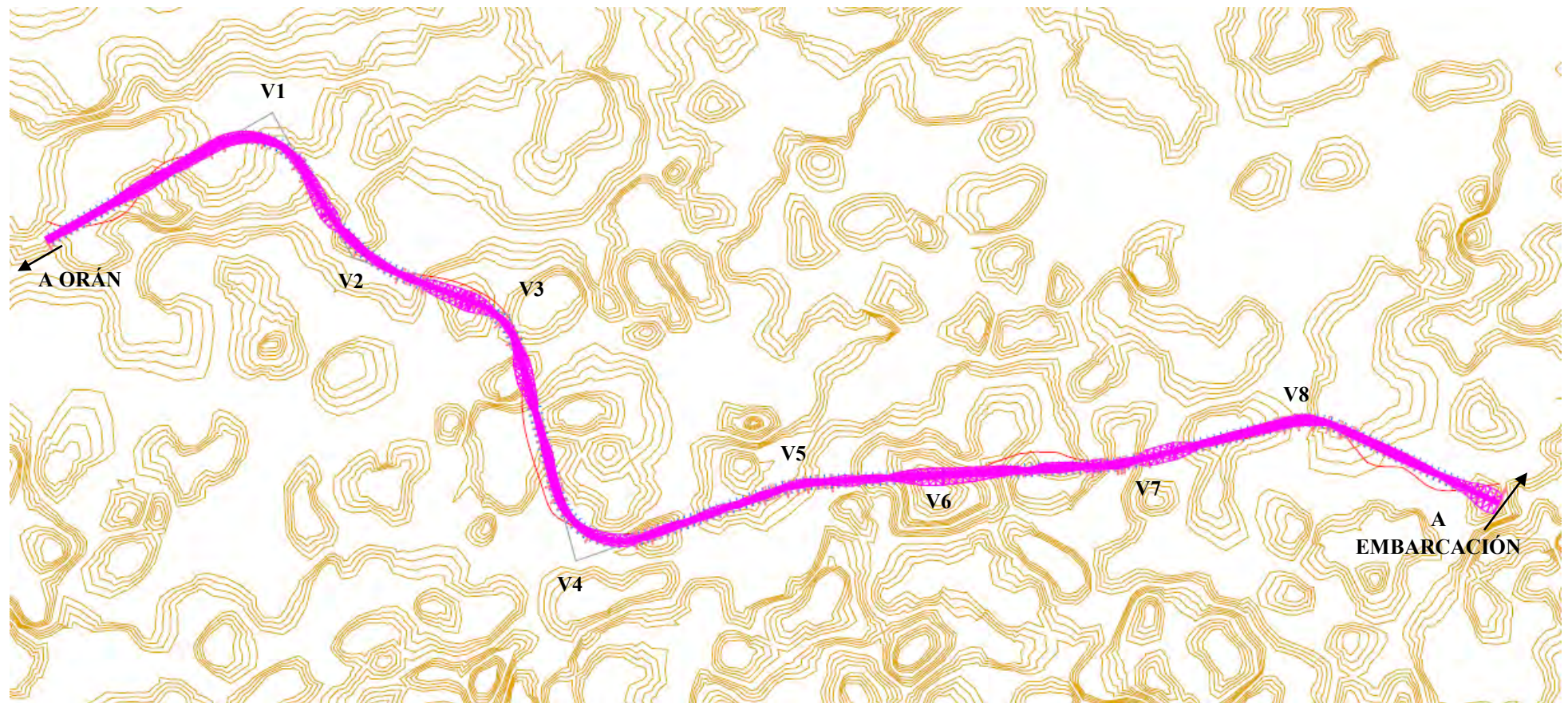


Imagen 4: Alternativa N°1

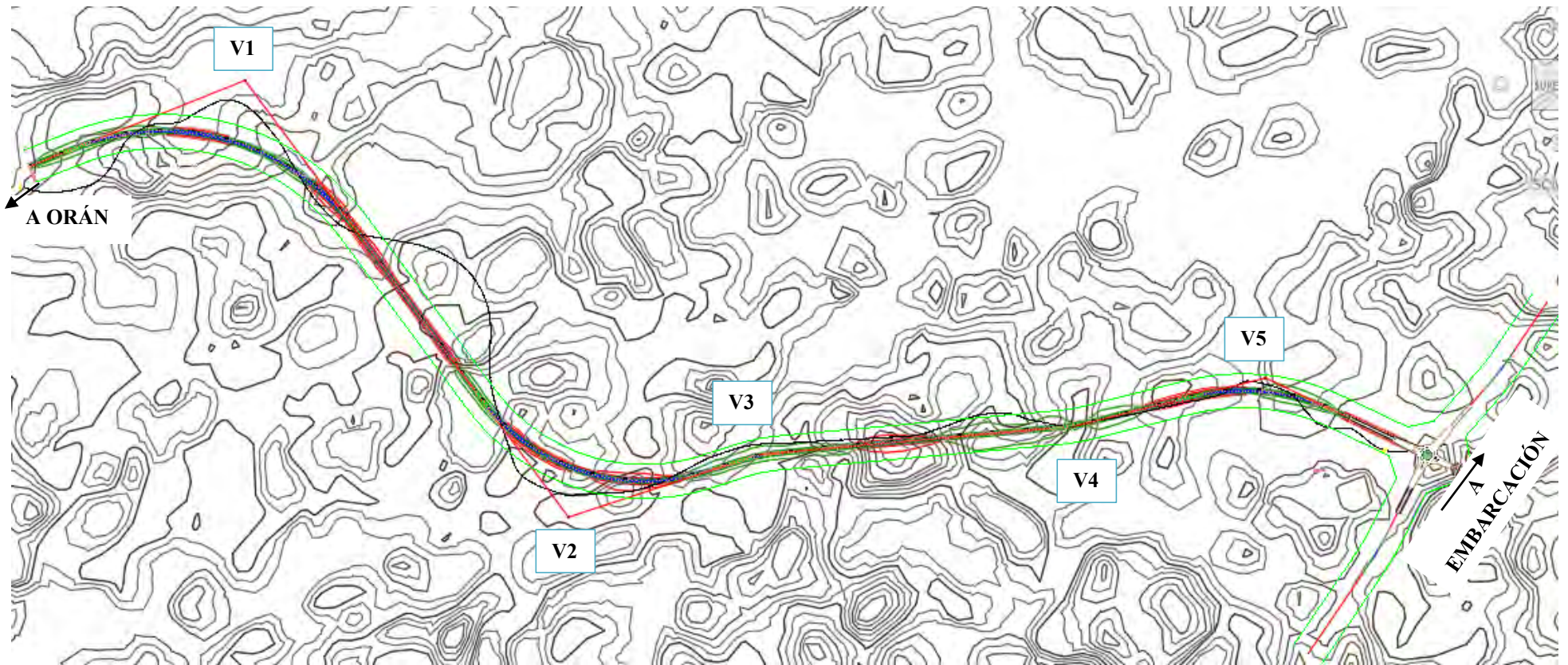


Imagen 20: Alternativa N°2

III. -DISTANCIAS VISUALES

III.1. - CONSIDERACIONES GENERALES

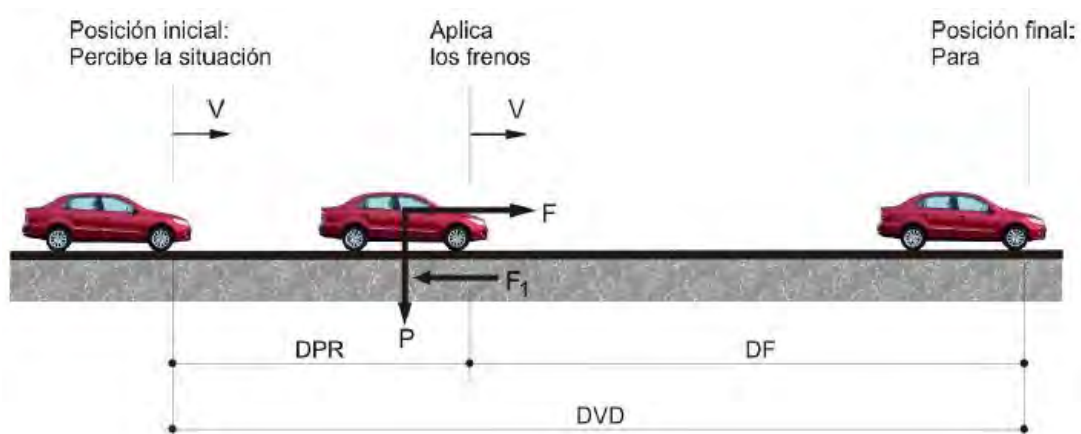
Para lograr una circulación cómoda, segura y contar con la debida visibilidad para poder anticipar cómodamente las distintas maniobras a realizar, se determinó una distancia visual.

La *Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial* define como “*Distancia Visual a la longitud continua, medida sobre la trayectoria normal de marcha de una calzada, hasta donde el conductor de un vehículo ve la superficie de la calzada o un objeto de una altura especificada por encima de la calzada, cuando la visibilidad no esté obstruida por el tránsito.*”

A continuación, se desarrollan el cálculo de las distintas visuales necesarias. Los valores resaltados de las tablas, corresponden a los valores adoptados. Dichas tablas fueron extraídas de las normas “*DNV-Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*”, Capitulo “*C3 Diseño*”, apartado “*3.2 Distancias Visuales*”.

III.2. - DISTANCIA VISUAL DE DETENCIÓN (DVD)

Es la distancia que requiere un conductor de habilidad media manejando a la velocidad directriz un vehículo en condiciones mecánicas aceptables sobre calzada húmeda, desde el instante en que observa un obstáculo imprevisto en el camino hasta el momento en que se detiene completamente delante del obstáculo por aplicación de los frenos.



De acuerdo al Modelo de AASHTO, la DVD comprende dos componentes relacionados con operaciones del conductor:

- La distancia de percepción y reacción (DPR): distancia recorrida a velocidad uniforme, velocidad directriz V , durante el lapso en que el conductor advierte el peligro y reacciona para aplicar los frenos (concepto cinemático).
- La distancia de frenado (DF): distancia recorrida en movimiento uniformemente desacelerado, durante el frenado en calzada húmeda hasta la detención frente al obstáculo (concepto dinámico).

Lo cual la expresión general es:

$$DVD = DPR + DF$$

Distancia de percepción y reacción (DPR)

Se adoptó un lapso de 2,5 segundos como tiempo de percepción y reacción (TPR), según modelo de ASSHTO. La distancia recorrida es:

$$DPR = V \times TPR$$

$$DPR = 100 \times 2,5 = 25,00 \text{ m}$$

Distancia frenado (DF)

Para determinar la distancia de frenado se requiere del coeficiente de fricción (fl) cuyo valor representativo de la fricción entre neumáticos y calzada, y engloba las resistencias del aire, rodamiento, e interna del motor y engranajes.

V [km/h]	fl
25	0.42
30	0.40
40	0.37
50	0.35
60	0.33
70	0.32
80	0.31
90	0.30
100	0.29
110	0.28
120	0.27
130	0.27
140	0.26

Igualando la energía cinética del vehículo que circula a la velocidad directriz, con el trabajo de fricción longitudinal entre neumático y calzada, se tiene:

$$\frac{V^2}{2g} = DF \times fl$$

$$DF = \frac{V^2}{254 \times fl}$$

Reemplazando los valores, obtenemos:

$$DF = \frac{100^2}{254 \times 0.29} = 135.75 \text{ m}$$

Finalmente, la DVD horizontal:

$$DVD = \frac{V \times 2.5}{3.6} + \frac{V^2}{254 \times fl}$$

$$DVD = 205.20 \text{ m}$$

Debido a la topografía del terreno y al generarse diferentes pendientes longitudinales deberán corregirse esta distancia de detención en función de las pendientes, como se observa a continuación:

$$DVD = \frac{V}{1.44} + \frac{V^2}{254 \times (fl \mp i)}$$

Donde:

i = pendiente longitudinal, formato decimal.

A modo de ejemplo, calculamos la DVD de la curva vertical N°2 (cóncava), cuyas pendientes longitudinales son $i=-2.06$ y $i=-0.60$. para ello se recurrió, a la *Tabla 3.2 Distancias visuales mínima de detención (DVD), en función de V y de la pendiente*, de las *Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial* del EICAM, año 2010.

V km/h	Calzada de dos o un sentido										Calzada de un sentido										
	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	24	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	30	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
40	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	45	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
50	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	63	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
60	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	85	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
70	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	110	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
80	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	138	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
90	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	170	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
100	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	206	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
110	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	246	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
120	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	290	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
130	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	339	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
140	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	391	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8

Se calculó para la mayor pendiente ($i=-2.01$ %) ya que es el caso más desfavorable, con lo cual se tiene:

$$DVD = 206 \times 1.1 = 226.6 \text{ m}$$

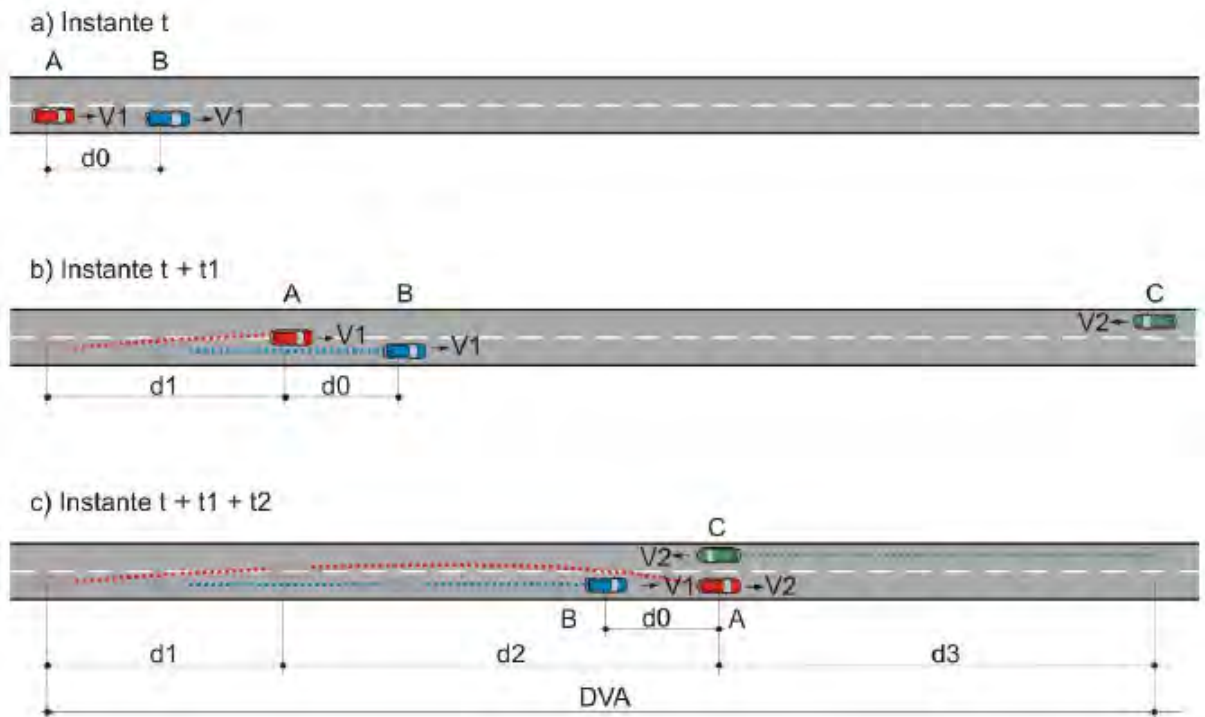
III.3. - DISTANCIA VISUAL DE ADELANTAMIENTO O SOBREPASO (DVA)

En caminos indivisos de dos carriles y dos sentidos, es la mínima distancia visual suficiente y necesaria que, invadiendo el carril de sentido contrario, permita al conductor de un vehículo

adelantarse a otro que circula más lentamente por su mismo carril, sin interferir la velocidad y trayectoria de un tercer vehículo que avance en sentido contrario, si apareciera a la vista una vez iniciada la maniobra.

Para la determinación de las DVA mínima, se supuso:

- El vehículo adelantado viaja a la VMM.
- El tiempo de percepción se estima de 4 segundos.
- Durante el período anterior se acepta que el vehículo que se adelanta (A) circula a la misma velocidad que el vehículo que tiene adelante circulando en sentido contrario (B).
- Durante el período anterior se acepta que los vehículos lo hacen separados por una distancia d_0 , expresado en metros.
- El promedio de velocidad del vehículo que se adelanta (A), desde que inicia su desplazamiento hacia el carril izquierdo hasta que retoma el derecho, supera en 15km/h al del vehículo adelantado (B).
- El carril izquierdo debe quedar libre en una longitud adicional d_3 tal que permita que un tercer vehículo (C) que se aproxima en sentido contrario a igual velocidad que el vehículo (A), la recorra en el mismo tiempo que tarda este último en desplazarse al carril izquierdo, adelantar al vehículo más lento y retomar el carril derecho.



Las expresiones para DVA son:

$$V_1 = VMM \quad [km/h]$$

$$V_2 = VMM + 15 \quad [km/h]$$

$$d0 = 0.2 \times V_1 + 8 \quad [m]$$

$$d1 = \frac{V_1 \times t_1}{3.6} \quad [m]$$

$$d2 = \frac{V_2 \times t_2}{3.6} \quad [m]$$

$$d3 = d2 \quad [m]$$

$$t_1 = 4 \text{ seg}$$

$$t_2 = \frac{2d0 \times 3.6}{V_2 - V_1} \quad [seg]$$

$$DVA = d1 + d2 + d3$$

Según las experiencias de ASSTHO, las distancias de adelantamiento, según Normas del EICAM (2010), son:

Tabla 3.3: DVA en función de la V

V [km/h]	VMM (B) [km/h]	VMM + 15 (A) [km/h]	DVA [m]
25	24	39	160
30	29	44	190
40	37	52	260
50	46	61	330
60	55	68	400
70	60	75	470
80	67	82	540
90	73	88	610
100	79	94	680
110	84	99	740
120	88	103	800

Tanto con los valores de la distancia de detención como las de sobrepaso, podemos calcular el parámetro p de las curvas verticales, según se puede observar en el Apartado V.4 (Ejemplo de cálculo de curva vertical N°2 – Cóncava).

IV. -CURVAS HORIZONTALES

IV.1. - CURVAS CON TRANSICIÓN

Al pasar de una alineación recta a una curva circular bruscamente, aparece la fuerza centrífuga, con dos consecuencias: incomodidad y peligro de deslizamiento. Para evitar estos efectos se intercalan una transición entre el alineamiento recto y la curva circular.

En una curva circular, los cuerpos están sometidos a una aceleración centrípeta, dada por la relación

$$Ac = \frac{v^2}{R}$$

Universidad Católica de Salta
 Facultad de Ingeniería

Para una velocidad constante, en módulo, pero no en dirección.

Carretera Embarcación-Orán

La variación de dicha aceleración, es decir, la aceleración de la aceleración centrípeta, es la que produce la variación de la fuerza centrífuga, es que, debido a esto, desarrollamos las curvas horizontales con una transición denominada espiral, en donde varía el galibo del peralte.

1. DATOS

La aceleración centrípeta varía desde TE a EC de 0 a $\frac{v^2}{R}$ en el tiempo t, que tarda el vehículo en recorrer dicha transición. Luego será:

Velocidad	100
Directriz	
Ancho de Zona de Camino	100
Ancho de Calzada	7,4
Talud	1:4
Velocidad Camino Transversal	60
p máximo	0,06

$$A = \frac{\Delta ac}{\Delta t} = \frac{v^3}{l \times R}$$

donde A es la aceleración de la aceleración centrípeta y l la longitud del arco entre TE y EC.

Cl

Si

2. CURVAS HORIZONTALES

	Curva 1		Curva 2		Curva 3		Curva 4		Curva 5	
		Adoptado		Adoptado		Adoptado		Adoptado		Adoptado
Radio	472,44	700,00	472,44	600,00	472,44	500,00	472,44	500,00	472,44	650,00
Le	51,02	80,00	59,52	60,00	71,43	75,00	71,43	75,00	54,95	80,00
Øe	0,06	3,27	0,05	2,86	0,08	4,30	0,08	4,30	0,06	3,53
Δl	1,31	75,06	1,30	74,48	0,31	17,76	0,19	10,89	0,69	39,53
Δc	1,20	68,51	1,20	68,75	0,16	9,17	0,04	2,29	0,57	32,48
Xc	80,00		60,00		75,00		75,00		80,00	
Yc	1,52		1,00		1,88		1,88		1,64	
P	0,38		0,25		0,47		0,47		0,41	
K	40,00		30,00		37,50		37,50		40,00	
Te	577,98		486,31		115,70		85,19		273,74	
Ee	183,15		154,00		6,54		2,74		41,14	
Tl	53,33		40,00		50,00		50,00		53,33	
Tc	26,67		20,00		25,00		25,00		26,67	
Lc	837,00		720,00		80,00		20,00		368,50	
D	997,00		840,00		230,00		170,00		528,50	
Peralte	4,05%		4,72%		5,67%		5,67%		4,36%	

3. SOBREANCHO

Datos del vehículo de Diseño

e	1,35 m
L	4,30 m
N	2 trochas

Alonso Maurizio, Carlos Humberto – Pérez Varela, Ana Sofia – Viscarra, Angélica Bárbara

34

	Curva 1	Curva 2	Curva 3	Curva 4	Curva 5
S'	0,38	0,41	0,45	0,45	0,39
S m	0,53	0,59	0,66	0,66	0,56

Asimismo, se adoptaron valores mayores al valor mínimo de la longitud espiral con el objeto de lograr una transición adecuada del peralte.

IV.1.a. -Longitud mínima

"A" no debe exceder los $0.6 \frac{m}{seg^3}$, para que no se produzcan los efectos antes mencionados.

$$L_{min} = \frac{v^3}{0.6 \times l}$$

IV.1.b. -Elementos

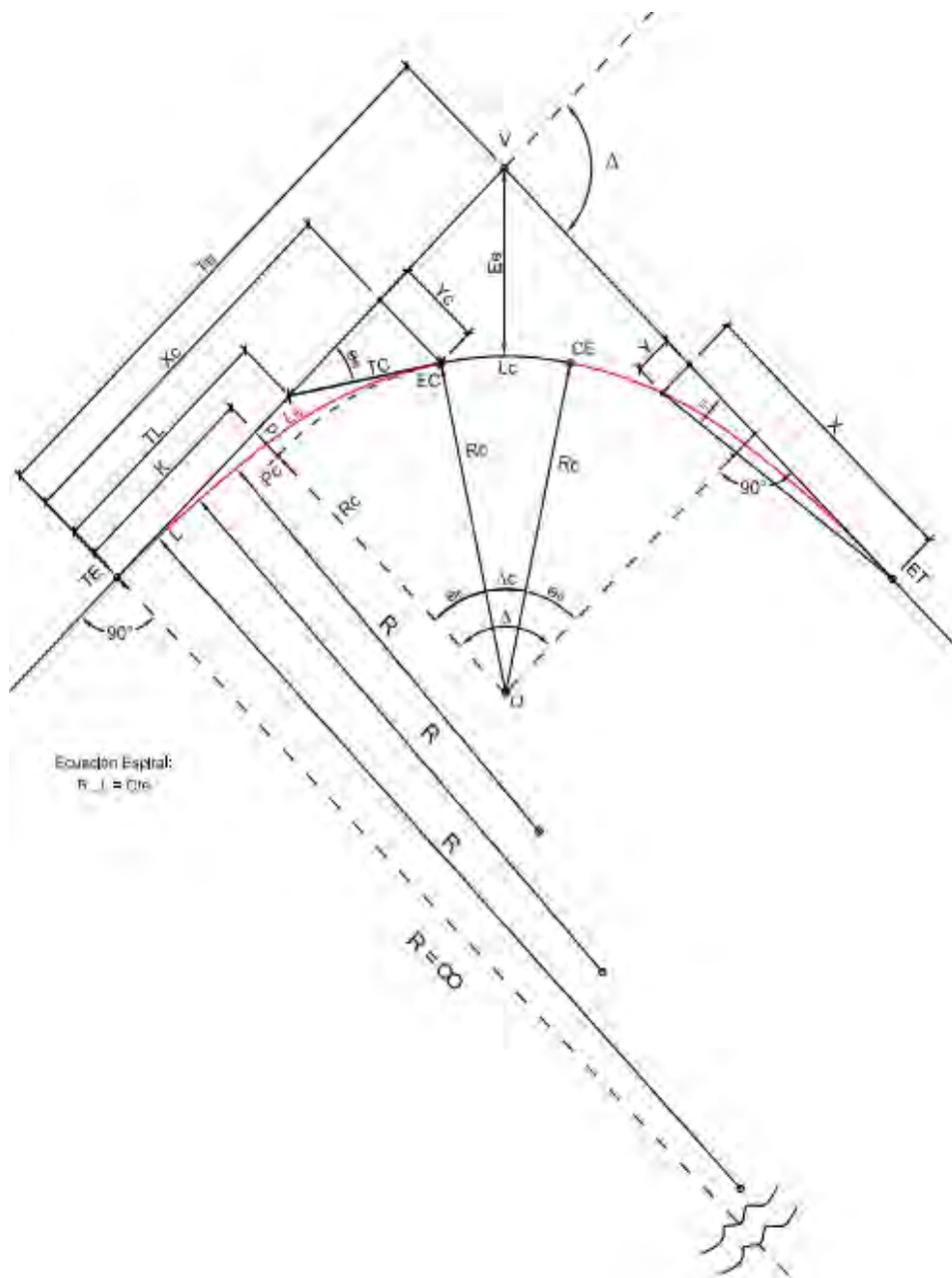


Imagen 5: Curvas de Transición

- Cálculo del ángulo de las tangentes en los extremos de la espiral

$$\theta_e = \frac{L_e}{2R_c}$$

- Cálculo del ángulo de la tangente en TE con la tangente en un punto cualquiera de la espiral

$$\theta = \left(\frac{l}{l_e}\right)^2 \times \theta_e$$

- Cálculo de coordenadas de un punto cualquiera de la curva de transición con respecto a TE

$$x = l \left(1 - \frac{\theta^2}{10}\right)$$

$$y = \frac{\theta l}{3}$$

Para el caso en que $\theta < 20$ podemos despreciar todos los valores de θ con exponentes mayores a 1, con lo cual:

$$x = l$$

Por otra parte, reemplazando la expresión de θ en la de y , tenemos:

$$y = \frac{l^3}{6R_c L_e}$$

Para el punto final de la espiral tenemos:

$$x_c = l_e$$

$$y_c = \frac{l_e^2}{6R_c} = \frac{\theta l_e}{3}$$

- Cálculo de las coordenadas P y k del punto P_c con respecto a TE

$$P = \frac{l_e^2}{24 \times R_c}$$

$$k = \frac{l_e}{2}$$

- Cálculo de la tangente larga y la tangente corta

$$TL = \frac{2}{3} l_e$$

$$TC = \frac{l_e}{3}$$

- Cálculo de T_e y E_e

$$T_e = k + (R_c + p) \times \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$E_e = (R_c + p) \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) + p$$

IV.1.c. -Peralte

Es la inclinación transversal medida por la tangente del ángulo que forma la superficie de la calzada con la horizontal, para evitar el deslizamiento lateral de los vehículos en las curvas.

$$p = \frac{(0.6 \times v)^2}{127 \times R}$$

IV.2. - SOBREALCHO

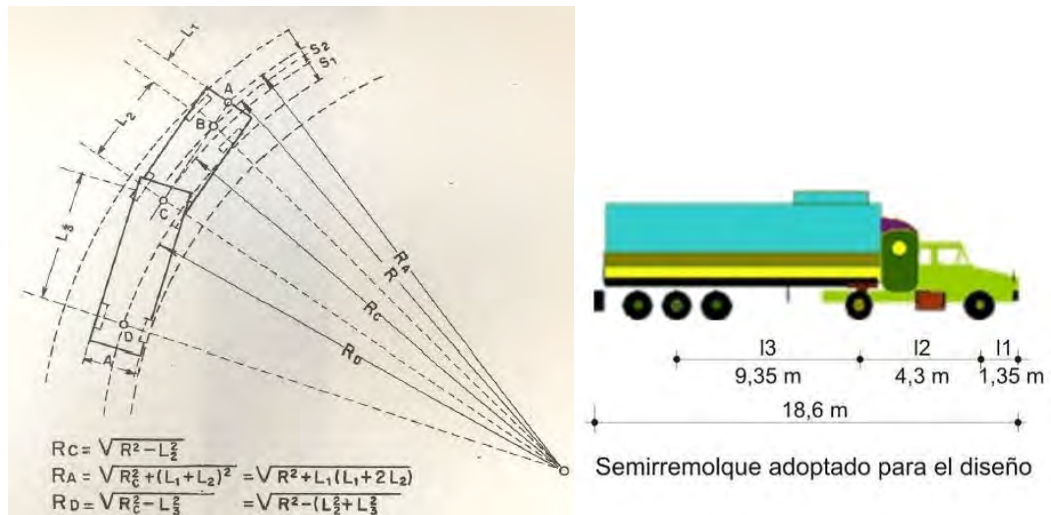
Para que las curvas horizontales presenten las mismas condiciones de seguridad que las rectas, ante el cruce de vehículos con sentidos opuestos, es necesario introducirles sobrealchos por las siguientes razones:

- El vehículo al describir una curva, ocupa un mayor ancho, ya que sus ruedas traseras recorren una trayectoria ubicada en el interior de las descritas por las ruedas delanteras. Además, el extremo lateral delantero externo del vehículo, describe una trayectoria que resulta exterior a la de las ruedas delanteras.
- La dificultad que experimentan los conductores para mantenerse en el centro de su carril. Esta dificultad aumenta con la velocidad, pero disminuye a medida que aumentan los radios de las curvas horizontales.

Estas circunstancias hacen que geoméricamente sea necesario prever en las curvas, trochas de mayor ancho que en los tramos rectos, para igual ancho de vehículo. Este mayor ancho se denomina sobrealcho.

Para determinar la magnitud del sobrealcho, se consideró un vehículo de diseño representativo del tránsito. Dada la gran proporción de vehículos pesados, se optó por un camión semirremolque WB-15, que según las prácticas de la DNV posee las siguientes dimensiones:

- Distancia entre la parte frontal y eje delantero: $L1 = 1,35$ m
- Distancia entre el eje delantero y el eje trasero de la unidad tractora: $L2 = 4,3$ m
- Distancia entre el eje trasero de la unidad tractora y el eje del semirremolque: $L3 = 9,35$ m.



$$S = \left(R - \sqrt{R^2 - L_1^2 - L_2^2 - L_3^2} + s' \right) \times n$$

Siendo:

- s' : coeficiente que depende de la dificultad adicional de mantener el vehículo centrado en la trocha en una trayectoria circular respecto de una trayectoria recta.

$$s' = \frac{v}{10\sqrt{R}}$$

- n : números de trocha

El cálculo de los sobrecanchos de cada curva se encuentra en “*Anexo N°1: Diseño Curvas Horizontales*”.

IV.3. - CALCULO DE CURVAS HORIZONTALES

A continuación, detallaremos el cálculo de una curva horizontal; en “*Anexo N°1: Diseño Curvas Horizontales*” se adjunta planilla con la totalidad de los mismos.

- Curva 1

Para el cálculo del radio mínimo del proyecto, se consideraron como parámetros de diseño una velocidad directriz de 100 km/hr y un peralte máximo del 8%. Ambos valores se obtuvieron de la Tabla *Resumen de características de diseño geométrico de caminos rurales – Lámina 1 – Atlas Normas del EICAM*; con lo cual:

$$R_c = \frac{(0,6V)^2}{127 \times p} = \frac{(0,6 \times 100 \text{ km/h})^2}{127 \times 0,06} = 472,44 \text{ m}$$

En todos los casos, se adopta un radio superior al mínimo; para la Curva 1 se adoptó el siguiente radio:

$$R_c = 650 \text{ m}$$

Por otro lado, es necesario una curva de transición para pasar de una trayectoria lineal a una trayectoria curva. La longitud espiral mínima está dada por:

$$L_e = \frac{V^3}{28 \times R_c} = \frac{(100\text{km/h})^3}{28 \times 650\text{m}} = 54.95 \text{ m}$$

Se consideró una longitud espiral:

$$L_e = 80 \text{ m}$$

Asimismo, el ángulo de giro de la espiral está dada por la siguiente formula, en la cual reemplazamos los parámetros adoptados:

$$\theta_e = \frac{L_e}{2R_c} = \frac{80\text{m}}{2 \times 650\text{m}} = 0,06 \text{ rad}$$

Lo pasamos a grados y tendremos:

$$\theta_e = 3.53^\circ$$

Para este proyecto, el ángulo de giro de la curva circular está dada por:

$$\Delta = \Delta_1 - 2\theta_e$$

$$\Delta = 32.48^\circ$$

Luego, determinamos las coordenadas de inicio de la curva circular:

$$X_c = L_e = 80 \text{ m}$$

$$y_c = \frac{L_e^2}{6R_c} = \frac{80^2}{6 * 650} = 1.64\text{m}$$

$$P = \frac{L_e^2}{24R_c} = \frac{80^2}{24 * 650}$$

$$P = 0,41 \text{ m}$$

$$K = \frac{L_e}{2} = 40 \text{ m}$$

Asimismo, se calculó la distancia entre el vértice de la curva y el inicio de la misma:

$$T_e = k + (R_c + P)tg(\Delta/2)$$

$$T_e = 273,74 \text{ m}$$

La distancia entre el vértice y la curva circular está dada por:

$$E_e = (R_c + P) \left(\frac{1}{\cos \Delta/2} - 1 \right) + P$$

$$E_e = 41.14 \text{ m}$$

Las distancias auxiliares, se tiene:

$$T_l = \frac{2l}{3} = 53.33 \text{ m}$$

$$T_c = \frac{l}{3} = 26.67 \text{ m}$$

Por otro lado, el desarrollo total de la curva será:

$$D = 2L_e + L_c$$

$$L_c = \frac{2\pi R}{360^\circ} \Delta c = 368.5 \text{ m}$$

Entonces

$$D = 2 \times 80 + 368.5$$

$$D = 528.50 \text{ m}$$

Finalmente, de acuerdo con los parámetros adoptados, el peralte para esta curva es de:

$$p = \frac{(0.6 \times V)^2}{127 \times R} = \frac{(0.6 \times 100)^2}{127 \times 650}$$

$$p = 4.36\%$$

V. -CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales se diseñaron con el objeto de salvar gradualmente dos rasantes rectas consecutivas de distinta pendiente en cresta (curvas verticales convexas) o en valle (curvas verticales cóncavas).

Mediante el empleo de ellas, no sólo se aumenta la distancia de visibilidad, lo que permite el desarrollo de mayores velocidades, sino que se elimina la sensación desagradable que provoca cualquier cambio repentino en la pendiente del camino, pues las curvas constituyen un enlace o transición entre las dos direcciones y que permitan un adecuado drenaje.

V.1. - TIPOS DE CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales cóncavas y convexas.

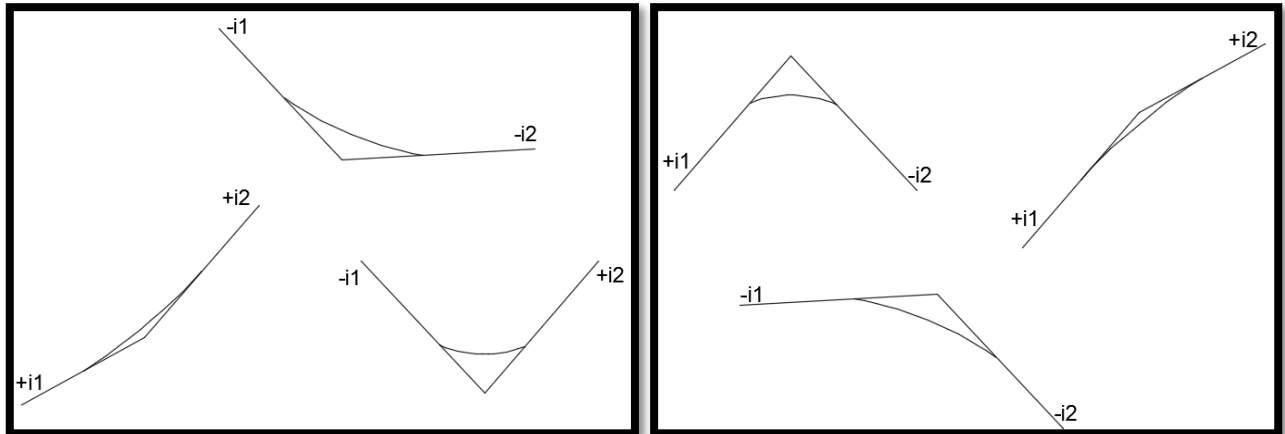


Imagen 6: Curvas Convexas (Izquierda) – Curvas Cóncavas (Derecha)

V.2. - CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS

Se emplean para eliminar la sensación de opresión o aplastamiento que se experimenta por un cambio notable de pendiente en un perfil quebrado cóncavo.

El parámetro P (m) básico, para cierta velocidad directriz, es el parámetro o radio del Círculo osculador en el vértice de una parábola de eje vertical que proporciona como mínimo la distancia visual hasta pendiente media $\pm 2\%$, necesaria para esa velocidad, cualquiera que sea la diferencia algebraica de pendientes.

Las condiciones que deben cumplimentar el diseño geométrico de las curvas cóncavas, explicados en el apartado siguiente en curvas verticales convexas, ellos son:

1. SEGURIDAD PARA EL TRANSITO
2. COMODIDAD DE LOS OCUPANTES DEL VEHICULO
3. APARIENCIA ESTETICA DE LA RASANTE
4. DRENAJE SUPERFICIAL ADECUADO

Se calculó el parámetro básico p , de manera tal de cumplir con las condiciones anteriormente mencionadas, tanto para una operación diurna como nocturna, obteniendo así una longitud mínima de curva.

Elementos

- Radio = Parámetro

$$P = \frac{D_d^2}{(0.035D_d + 1.3)}$$

- Longitud mínima

$$L = \frac{D_d^2(i_2 - i_1)}{3.5D_d + 130}$$

Donde:

D_d : Distancia de detención.

i_i : Pendiente

V.3. - CURVAS VERTICALES CONVEXAS

Elementos

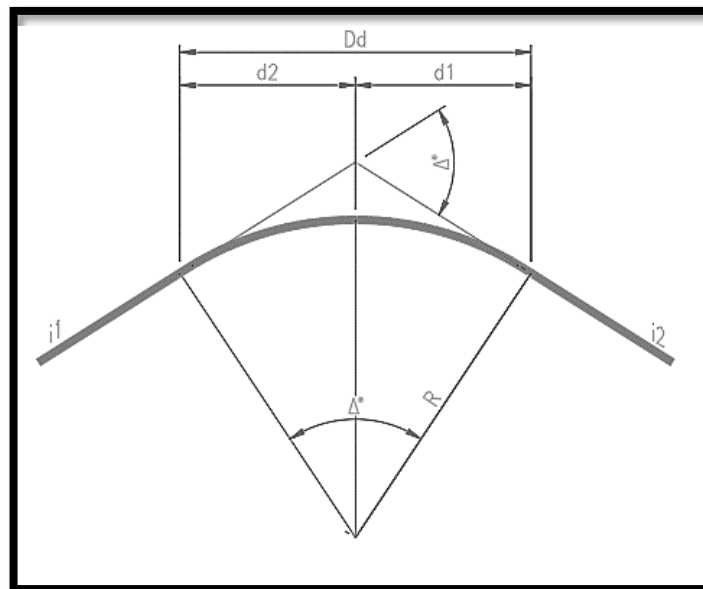


Imagen 7: Elementos de curvas verticales convexas

- Radio mínimo, Parámetro P

$$P = \frac{D_d^2}{2 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

Donde

h_1 es la altura del ojo del conductor en un vehículo (1.35m)

h_2 es la altura de un obstáculo perjudicial al vehículo (0.15m)

Reemplazando en la fórmula

$$P = \frac{D_d^2}{4.30}$$

- Ángulo de deflexión

$$\Delta = \frac{i_1 - i_2}{100}$$

Donde

i_1 ; i_2 son las pendientes

- Longitud mínima

$$l_{min} = \frac{D_d^2 \times (i_1 - i_2)}{430}$$

Se trata de determinar los parámetros de este tipo de curvas, de tal manera que cumplan simultáneamente las cuatro siguientes condiciones:

1. SEGURIDAD PARA EL TRÁNSITO

Esta condición está en función de la distancia de visibilidad, considerando los casos de operación diurna y nocturna. Para el caso de operación diurna, las distancias de detención elegidas, son las correspondientes a la velocidad directriz. Y para la operación nocturna, se han adoptado distancias de detención correspondientes a una velocidad igual al 90% de la directriz. No obstante, se han considerado como deseables los parámetros que permiten una velocidad nocturna segura, igual a la directriz.

Se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

p : Parámetro mínimo absoluto para operación diurna.

p' : Parámetro mínimo absoluto para operación nocturna.

p'' : Parámetro mínimo deseable.

D_1 : Distancia de detención correspondiente a la velocidad directriz.

D' : Distancia de detención correspondiente al 90% de la velocidad directriz.

h : Altura del ojo del conductor. (1,10 m)

h' : Altura del objeto. (0,20 m)

h'' : Altura de los faros. (0,65 m)

i : Diferencia algebraica de pendientes.

L : Longitud de la curva vertical.

a) Parámetros mínimos absolutos para operación diurna:

$$p = \frac{2 \times D_i}{i} - \frac{2 \times (\sqrt{h} + \sqrt{h'})^2}{i^2} \quad \text{Válido para } L < D_1$$

$$p = \frac{D_i^2}{2 \times (\sqrt{h} + \sqrt{h'})^2} \quad \text{Válido para } L > D_1$$

b) Parámetros mínimos absolutos para operación nocturna:

$$p' = \frac{2 \times D'}{i} - \frac{2 \times (\sqrt{h''} + \sqrt{h'})^2}{i^2} \quad \text{Válido para } L < D'$$

$$p'' = \frac{D'^2}{2 \times (\sqrt{h''} + \sqrt{h'})^2} \quad \text{Válido para } L > D'$$

c) Parámetros mínimos deseables:

$$p'' = \frac{2 \times D_i}{i} - \frac{2 \times (\sqrt{h''} + \sqrt{h'})^2}{i^2} \quad \text{Válido para } L < D_i$$

$$p'' = \frac{D_i^2}{2 \times (\sqrt{h''} + \sqrt{h'})^2} \quad \text{Válido para } L > D_i$$

2. COMODIDAD DE LOS OCUPANTES DEL VEHICULO

Al circular un vehículo por una curva vertical, sus ocupantes están sujetos a una aceleración radial determinada por la velocidad y el radio de curvatura.

$$p = 0,25 \times v^2$$

3. APARIENCIA ESTETICA DE LA RASANTE

Desde el punto de vista estético, para evitar que la rasante presente un aspecto poco satisfactorio, se fija una longitud mínima dependiente de la velocidad directriz.

$$p = \frac{0,7 \times v}{i}$$

Independientemente de la velocidad directriz, existe un valor límite mínimo para el parámetro p, cuyo valor es 400 metros.

Finalmente, se ha considerado que la combinación de estas condiciones con las de seguridad y comodidad, proporcionan una adecuada apariencia estética de la rasante.

4. DRENAJE SUPERFICIAL ADECUADO

Desde el punto de vista de drenaje superficial, según las Normas A.A.S.H.O. de diseño geométrico, el parámetro no debe superar los 4350 m.

V.4. - CALCULO

Con la ayuda de una planilla de Excel y en función de las distancias y alturas, por ejemplo, el ojo del conductor) obtenidos de las Normas de Diseño de Caminos Rurales del Ingeniero Ruhles, Ed. 1967; se obtuvieron valores mínimos de longitudes para cada condición y luego adoptamos un valor de L que verifique cada una de dichas condiciones.

A continuación, detallaremos el cálculo de una curva vertical; en “*Anexo N°2: Diseño de Curvas Verticales*” se adjunta planilla con la totalidad de los mismos.

CURVA VERTICAL N° 2 - CÓNCAVA

1. SEGURIDAD

CARACTERÍSTICA	TERMINO	VALOR	UNIDAD
Altura del ojo del conductor sobre el pavimento	h	1.10	m
Altura del vehículo	h ^m	1.35	m
Altura del objeto (obstaculo peligroso)	h'	0.20	m
Altura de los faros sobre el pavimento	h ⁿ	0.65	m
Ángulo de divergencia de faros		1.00	°

Velocidad directriz	VD	100.00	km/hs
Distancia de detención correspondiente a la Velocidad directriz	D1	226.00	m
Distancia de detención correspondiente al 90% Velocidad directriz	D'	203.40	m
Distancia de sobrepasso	D2	680	m
Pendiente entrada	i1	-2.06	%
Pendiente salida	i2	-0.6	%
Diferencia algebraica pendiente	i	-1.46	%
Longitud de la curva vertical	L	100	m

de Tabla 3.2 Normas 2010

de Tabla 3.3 Normas 2010

LONGITUD DE CURVA VERIFICA

Altura de la estructura sobre el pavimento en curva vertical	H	5.10	m
Altura del ojo del conductor de omnibus sobre el pavimento	h1	2.20	m

a) Parámetros mínimos absolutos para operación nocturna:

Parámetro mínimo absoluto: $L < D'$

Parámetro mínimo absoluto: $L > D'$

CUMPLE	$p' =$	-67,359.17
FALSO	$p' =$	4,914.07

Ver Tabla 11

b) Parámetros mínimos deseables para operación nocturna:

Parámetro mínimo deseable: $L < D1$

Parámetro mínimo deseable: $L > D1$

CUMPLE	$p'' =$	-74,165.88
FALSO	$p'' =$	5,545.71

Ver Tabla 12

Parámetro mínimo absoluto para operación nocturna	p'	$L_{min} [m] =$	80.97
Parámetro mínimo deseable (Tabla 9)	p''		

Parámetro mínimo	$0.25 V^2$	p_{min}	2500.00	m
------------------	------------	-----------	---------	---

$L_{min} [m] =$	36.50
-----------------	-------

2. ADAPCIÓN ESTÉTICA DE LA RASANTE

2. APARIENCIA ESTÉTICA DE LA RASANTE

Longitud mínima	$0.7V$	70.00	m
Parámetro mínimo	$(0.7V)/i$	4794.52	m
Parámetro mínimo siempre		400.00	m

$L_{min} [m] =$	70.00
-----------------	-------

3. DRENAJE SUPERFICIAL ADECUADO

Parámetro máximo		4,350.00	m
------------------	--	----------	---

$L_{min} [m] =$	63.51
-----------------	-------

$L_{min} [m] =$	80.97
-----------------	-------

VI. -MOVIMIENTO DE SUELO

Durante la elaboración de este proyecto se buscó lograr la combinación más adecuada de alineamientos y pendientes que, cumpliendo con las normas de trazado, nos permitió proyectar la carretera con el menor movimiento de suelo posible y con el mejor balance entre los volúmenes de excavación y de relleno que se produzcan, debido a que la ejecución de movimiento de suelo constituye, generalmente, la partida más importante dentro del presupuesto de una obra, es decir, lograr el menor costo posible en el transporte de suelo, ya que tiene el mayor porcentaje de incidencia.

El análisis de este ítem persigue los siguientes objetivos básicos dentro del proyecto:

- Determinar los volúmenes del suelo necesarios a movilizar para la ejecución de la obra, discriminados en volúmenes de terraplén y desmonte.
- Realizar la compensación entre los volúmenes de terraplén y desmonte, teniendo en cuenta los factores de compactación.
- Calcular las distancias de transporte necesarias para lograr una compensación del trabajo.
- Asignar los equipos (tipo, cantidad, tiempo de permanencia, rendimientos, etc) para la ejecución, y calcular los costos unitarios de cada uno de los equipos. (\$/m³).
- Determinar los costos totales del movimiento del suelo, sobre la base de los volúmenes de terraplén y desmonte.

VI.1. - PERFILES

Para la determinación del volumen de suelo a mover surge a partir de la comparación de dos superficies, la de terreno natural existente (TN) y la de la obra proyectada (Subrasante).

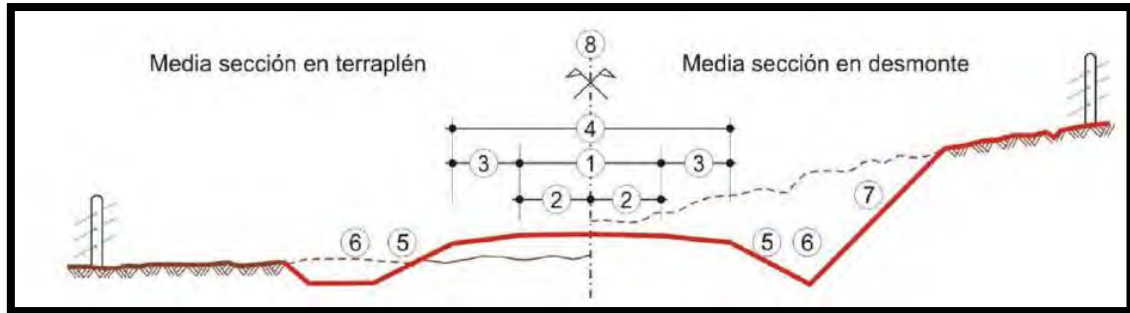
Para ello, se contó con los siguientes elementos:

1. Longitudinales:
 - a. Perfil longitudinal
 - b. Rasante
 - c. Cunetas
2. Transversales:
 - a. Perfiles transversales del terreno
 - b. Perfil tipo definido en el diseño: del coronamiento y de cunetas

Esto nos permitió determinar el área de la sección transversal, superponiendo ambos perfiles. La posición relativa de la rasante con respecto al perfil longitudinal, define zonas en que serán necesarios efectuar, como se mencionó anteriormente, excavaciones (desmontes) o rellenos (terraplenes) para concretar el proyecto, dando en consecuencia, diferentes formas de secciones transversales del camino.

Hay secciones transversales en corte completo, en relleno, y con parte en corte y parte en relleno (media ladera).

El perfil tipo se encuentra descrito en el *Capítulo N°6: Diseño de pavimento*, en el cual se detalla el cálculo del paquete estructural, mostrando como resultado dicho perfil.



- 1- Calzada.
- 2- Carril.
- 3- Banquina.
- 4- Coronamiento.
- 5- Talud.
- 6- Cuneta.
- 7- Contratalud.
- 8- Zona de camino.

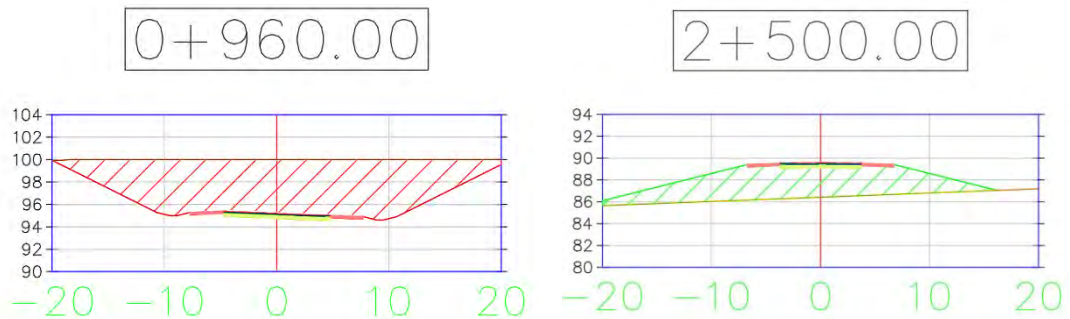


Imagen 8: A la izquierda, Sección Transversal de Desmote (Prog 0+960). A la derecha, Sección Transversal de Terraplén (Prog.2+500)

VI.2. - COMPENSACIÓN DE MOVIMIENTO DE SUELO: DIAGRAMA DE BRUCKNER

El movimiento de suelos es un trabajo infaltable en las Obras Viales, cualquiera sea la categoría del camino a proyectar. Al trazar una rasante del proyecto, una de las variables fundamentales a tener en cuenta es el movimiento de suelo, el cual representa una incidencia importante en el costo total de la obra.

El método de BRUCKNER se reduce a determinar gráficamente la integral de la curva de áreas, o sea la curva de los volúmenes. A través de dicho método determinamos la compensación entre desmonte y terraplén. La finalidad básica del Diagrama de Bruckner consiste en permitir la optimización de los transportes, determinar los volúmenes a transportar, las distancias de transportes, los depósitos y los préstamos.

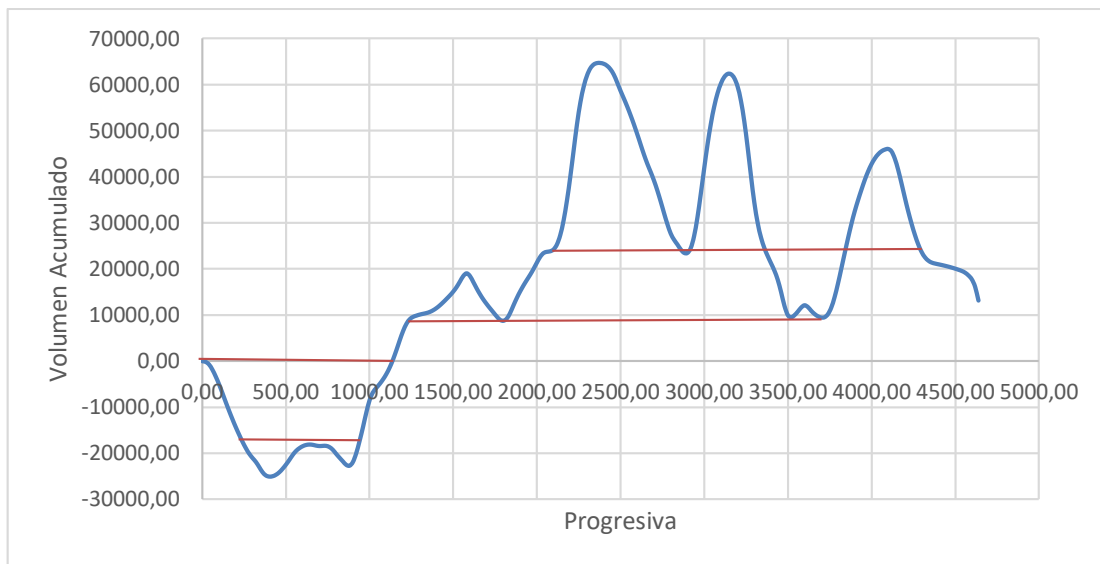
Se estudió la cota de la rasante a fin de compensar los volúmenes de terraplén y desmonte, en la manera que sea posible, minimizando al máximo el movimiento de suelo y los costos de transporte.

Una vez definidas las secciones transversales y con la ayuda del software AutoCAD Civil 3D se obtuvo la tabla de movimiento de suelo que se muestra posteriormente y se encuentra de manera completa en el *Anexo 3: Movimiento de Suelo*.

MOVIMIENTO DE SUELO						
<u>P.K.</u>	<u>Área de desmonte (metros cuadrados)</u>	<u>Volumen de desmonte (metros cúbicos)</u>	<u>Área de terraplén (metros cuadrados)</u>	<u>Volumen de terraplén (metros cúbicos)</u>	<u>Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos)</u>	<u>Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)</u>
0+020.000	0.00	0.00	13.87	0.00	0.00	0.00
0+040.000	0.00	0.00	37.45	513.15	0.00	513.15
0+060.000	0.00	0.00	64.28	1017.30	0.00	1530.45
0+080.000	0.00	0.00	72.27	1365.55	0.00	2896.00
0+100.000	0.00	0.00	80.97	1532.39	0.00	4428.39
0+120.000	0.00	0.00	91.11	1720.76	0.00	6149.15
0+140.000	0.00	0.00	87.95	1790.55	0.00	7939.70
0+160.000	0.00	0.00	86.82	1747.63	0.00	9687.33
0+180.000	0.00	0.00	79.89	1668.43	0.00	11355.76
0+200.000	0.00	0.00	73.83	1540.94	0.00	12896.70
0+220.000	0.00	0.00	69.67	1441.05	0.00	14337.75
0+240.000	0.00	0.00	65.91	1363.49	0.00	15701.24
0+260.000	0.00	0.00	58.96	1256.84	0.00	16958.08
0+280.000	0.00	0.00	49.94	1096.68	0.00	18054.77
0+300.000	0.00	0.00	35.40	859.30	0.00	18914.07
0+320.000	0.00	0.00	42.83	786.54	0.00	19700.61
0+340.000	0.00	0.00	56.71	999.62	0.00	20700.22
0+360.000	0.00	0.00	42.90	998.77	0.00	21698.99

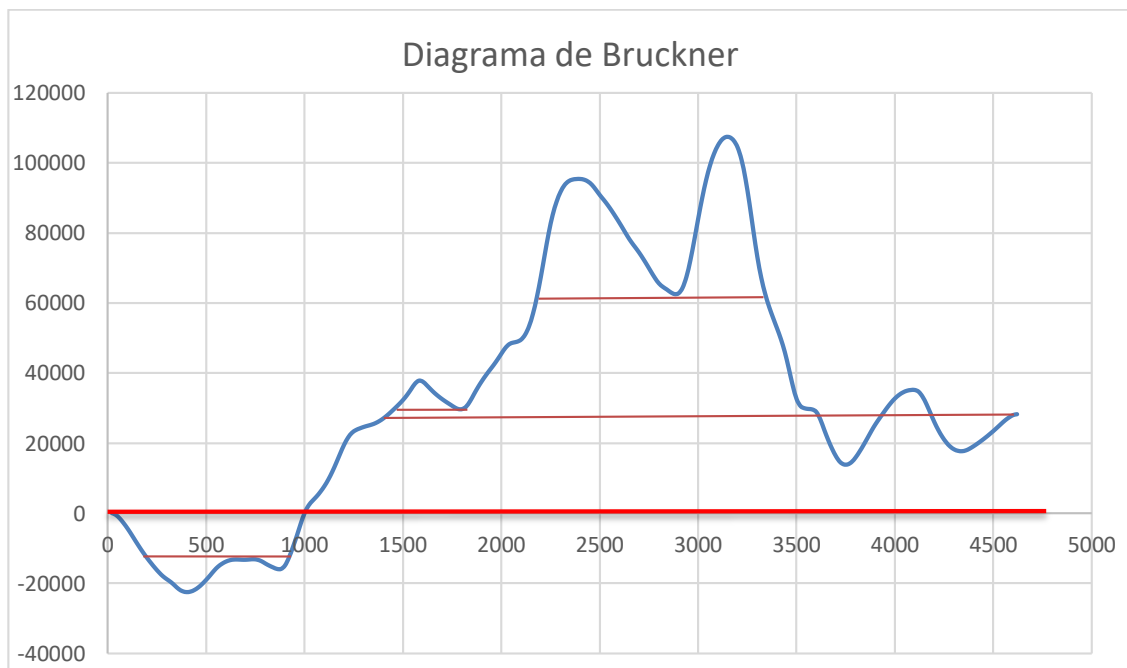
Ya con los valores tabulados, se procedió a graficar en un diagrama los volúmenes acumulados en función de las progresivas del trazado. Por ende, esta grafica está en función de la rasante definida previamente en el proyecto.

Debido a que en un principio se pretendía resolver el problema de la intersección con la Ruta Nacional N°34 mediante un distribuidor sobre nivel, se definió una rasante la cual respondía a las condiciones necesarias de terraplén y de esta manera, alcanzar la cota requerida para dicho cruce. Este diagrama nos resultó con un excedente importante de suelo, el cual implicaba un costo elevado de transporte; tal como se observa en el siguiente diagrama:



Dado que el diseño del distribuidor tipo trompeta resultó no solo antieconómico, si no también, inviable, es que se decidió descartar esta solución y optar por una intersección a nivel, mediante una rotonda moderna. Este problema se desarrollará más detalladamente en el *Capítulo N°7: Intersección*.

Definida la solución del problema de la intersección, se adecuo la rasante de proyecto de forma tal de minimizar los costos de transporte del suelo. En la misma, se analizó detenidamente el movimiento de suelo resultante, de manera tal, que, a partir del análisis de diferentes alternativas, resultó el movimiento más adecuado.



Transporte de Suelo

Para la determinación del transporte de material, se utilizó el diagrama de las áreas de cada cámara. Las mismas se definieron en función de que un volumen excedente de desmonte contiguo a un volumen igual de terraplén pueda lograr la compensación longitudinal del movimiento de suelo, transportando el material de desmonte disponible, para cubrir el volumen de terraplén subsiguiente. Para volúmenes de suelo expresados en la misma densidad se define:

$$EXCAVACION + PRESTAMO = TERRAPLEN + DEPOSITO$$

El volumen transportado está representado por la superficie excedente de desmonte y a distancia total de transporte por la diferencia de progresivas de los baricentros de las superficies excedentes, en el caso que se compensen.

Transporte total o momento total de transporte: es igual al producto del volumen transportado por la distancia total de transporte.

$$MTT = VOL \times DTT$$

CAMARA	I A		IIA			III	IV	V
	IB	IC	IIB	IIC	IID			
MTT	1007.76		3856.88			197.12	18.32	101.98
	92.91	35.75	146.06	1044.36	708.14			
VOLUMEN	16781.29		31224.00			13587.86	2398.14	6547.71
	6603.86	4445.43	9579.57	35994.14	39126.14			
DMT	0.0601		0.1235			0.0145	0.0076	0.0156
	0.0141	0.0080	0.0152	0.0290	0.0181			

CAPITULO N°5. – ESTUDIO DE SUELO

I. -CONCEPTO

El estudio de suelo es de suma importancia en las obras viales, ya que de sus resultados dependen los parámetros a adoptar en el proyecto del diseño, permite conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir la humedad, la profundidad, el tipo de fundación más adecuada para la obra a construir y sus respectivos asentamientos.

Para este proyecto, se realizarán los siguientes laboratorios: tamizado de suelo por vía húmeda, ensayo límite líquido, límite plástico – índice de plasticidad, compactación de suelos y valor soporte.

II. -RECOLECCION DE MUESTRAS

La obtención de muestras es una de las operaciones más importantes, deben ser representativas, es decir que deben ser una fiel representación del material existente en el sitio. Si la obtención de muestras no ha sido cuidadosamente realizada, se corre el riesgo de dar una idea falsa del terreno de fundación, es por ello que, si no son una correcta representación del material existente en el sitio, los análisis y ensayos de laboratorio darán una información que puede ser confusa y hasta perjudicial.

Se extrajeron muestras en puntos diferentes sobre la traza. La primera, a metros del empalme de la RN N°34; la segunda, a la mitad del tramo; y la tercera al final, aproximadamente a una distancia cercana a los 1500 mt unas de otras. A su vez estas muestras se extrajeron a 5 metros del centro del camino ya que, al estar la calzada sometida a un tránsito generalmente pesado, los resultados no representarían las condiciones mecánicas naturales de suelo.

En primer lugar, se descartó el material, aproximadamente 20cm de profundidad, debido al alto contenido vegetal (hojas, raíces, humus, etc). A partir de allí, se extrajeron las muestras a una profundidad aproximada de 50 cm, y colocadas en bolsas plásticas de 200 μ , para que no pierdan las condiciones de humedad del terreno.

Debido a que los resultados de los ensayos de tamizado por vía húmeda y límites de Atterberg, de los tres pozos no presentaban variaciones importantes, se optó por realizar el resto del estudio de suelo, solo a las muestras del pozo N° 2, del centro de la traza aproximadamente en la Progresiva 2+500,00.



Imagen 21: Recolectión de Muestra



Imagen 22: Recolectión de muestra



Imagen 23: Recolectión de Muestra



Imagen 24: Recolectión de Muestra

II.1. - TAMIZADO DE SUELO POR VÍA HÚMEDA. VN-E1-65

Objetivo

Este ensayo permite determinar la distribución porcentual de las partículas finas de un suelo, o de la fracción fina de un material granular, de tamaño inferior a los tamices IRAM 2,0 mm (N°10), IRAM 425 micrómetros (N°40) e IRAM 75 micrómetros (N°200).

Resultados

Los resultados obtenidos son:

Peso seco inicial 400 gr	Peso [gr]		% PASANTE
	Tamiz IRAM 2,0 mm (N°10)	Retenido Pasa	
Tamiz IRAM 425µm (N°40)	Retenido	59	85.25%
	Pasa	341	
Tamiz IRAM 75µm (N°200)	Retenido	135.6	51.35%
	Pasa	205.4	

El procedimiento de ejecución y cálculo se encuentra en “*Anexo 4: Laboratorio Estudio de suelo*”, página 2.

Conclusión

El ensayo de tamizado por vía húmeda se realiza para determinar el tipo de suelo según la clasificación HRB, en función al porcentaje pasante del tamiz N° 200. Como en la muestra el pasante del tamiz N°200 es mayor al 35% se puede concluir que es un suelo arcilloso- limoso. Cuyo comportamiento general como subrasante es Regular o Pobre.

II.2. - ENSAYO LIMITE LÍQUIDO. VN-E2-65

Objetivos

Determinar el límite líquido de la muestra.

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de un centímetro de espesor fluyan y se unan en una longitud de 12 mm, aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la capsula que lo contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm.

Resultados

El procedimiento de ejecución y cálculo se encuentra en *Anexo 4: Laboratorio Estudio de suelo*”, página 4; el resultado obtenido fue:

LL=21,97%

II.3. - LÍMITE PLÁSTICO – INDICE DE PLASTICIDAD. VN-E3-65

Objetivos

El límite plástico es el contenido de humedad existente en un suelo, expresado en porcentaje del peso del suelo seco, es el límite entre el estado plástico y el estado sólido del mismo.

Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menos diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm de diámetro.

Resultados

Los resultados obtenidos son:

LP=15,49%

El Índice de plasticidad es el contenido de humedad de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Indica la amplitud en el que permanece el suelo en estado plástico.

El procedimiento de ejecución y cálculo se encuentra en *Anexo 4: Laboratorio Estudio de suelo*, página 7. Se obtuvo:

IP=6,48%

II.4. - CLASIFICACIÓN DE SUELOS. VN-E4-84

Objetivos

El sistema de clasificación de suelos de HRB, para obras de ingeniería, está basado en el comportamiento de los suelos utilizado en obras viales. Los suelos de similares capacidades portantes y condiciones de servicio, fueron agrupados en 7 grupos básicos desde el A-1 al A-7. Estos grupos fueron divididos y se ideó el índice de grupo, para diferenciar aproximadamente algunos suelos dentro de cada grupo.

Resultados

El procedimiento de ejecución y cálculo se encuentra en *Anexo 4: Laboratorio Estudio de suelo*, página 10. El resultado obtenido fue:

A-4 Suelo Limo Arcilloso

Conclusión

A partir de la granulometría por vía húmeda y en función de los valores obtenidos del Limite Líquido (21,97 %), el Limite Plástico (15,49 %) y el Índice de Plasticidad (6,48%), se puede concluir que es un suelo tipo A-4; son suelos compuestos esencialmente de limo con moderada o poca cantidad de material grueso y solo pequeña cantidad de arcilla grasa coloidal. Como ya se mencionó, estos suelos tienen un comportamiento general como subrasante pobre. Cuando absorben agua rápidamente, sufren expansión perjudicial o pierden estabilidad aun sin manipularlos. No producen grandes distorsiones del pavimento.

II.5. - ENSAYO DE COMPACTACIÓN. VN- E5-93

Objetivos

Estudiar las variaciones del peso unitario de un suelo en función del contenido de humedad, cuando se lo somete a un determinado esfuerzo de compactación.

Permite obtener la humedad óptima con la que se obtiene el mayor valor del peso unitario, llamado densidad seca.

Resultados

El procedimiento de ejecución y cálculo se encuentra en *Anexo 4: Laboratorio Estudio de suelo*, página 11, los resultados son:

D. MAXIMA	1.965
H. OPTIMA	11.40

Conclusión

La humedad óptima a la cual el suelo alcanzara su máxima capacidad es 11.40 %. En carreteras dicho valor es sumamente importante ya que se debe lograr, con un adecuado porcentaje de humedad ($H=11,40\%$), la densidad máxima seca. La densificación de un suelo consiste en lograr el acomodamiento de las partículas desplazándose unas con respecto a otras disminuyendo el porcentaje de vacíos, logrando mayor estabilidad. A medida que vamos agregando agua al suelo, este pasa por las distintas etapas de hidratación, lubricación e hinchamiento, hasta llegar a la saturación. Cuando alcanzamos el valor de la humedad óptima y si por algún motivo el suelo se satura, de acuerdo a la curva de estabilidad del suelo sería cuando menor pérdida de resistencia a la penetración sufriría el material en kg/cm^2 , es por ello la importancia de tener en claro estos valores.

II.6. - ENSAYO VALOR SOPORTE - DINAMICO SIMPLIFICADO. VN-E6-84

Objetivo

Este ensayo nos permite determinar el valor soporte relativo de un suelo y determinar su hinchamiento.

Resultados

El procedimiento de ejecución y cálculo se encuentra en *Anexo 4: Laboratorio Estudio de suelo*, página 15; los resultados son:

Nº DE GOLFES	% DE HINCHAMIENTO
12	6.52
25	4.63
56	4.29

DENSIDAD AL 95%	1.87
VALOR S.	6.5

Conclusión

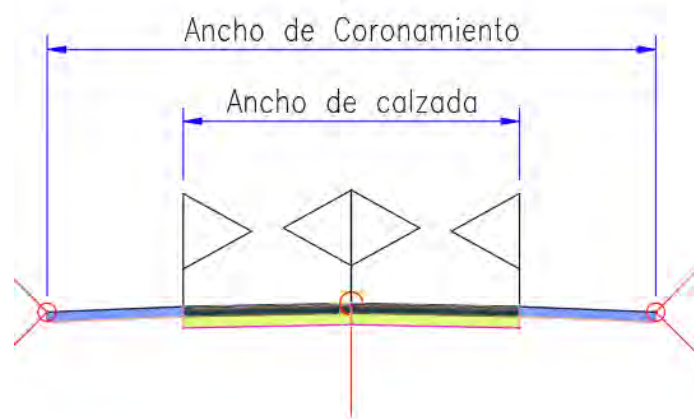
El ensayo consiste en determinar la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte como base de sustentación para pavimentos flexibles. Este valor es de suma importancia, ya que de él depende el diseño del paquete estructural del pavimento y el cálculo de los espesores de la carpeta, base y sub-base.

CAPITULO N° 6. – DISEÑO DE PAVIMENTOS

I. -GENERALIDADES

En este proyecto se decidió optar por un pavimento flexible debido a que se siguió el concepto de homogeneización, ya que tramos aledaños están ejecutados con este tipo de pavimento.

El mismo constará de una sub base granular, base granular y una capa de rodamiento. Entre la base y la capa de rodamiento se efectuará una imprimación, la cual consistirá en un riego de asfalto de alrededor de 1.5 L/m^2 que se realiza sobre base granular en la que debe penetrar como mínimo 6mm y sirve para establecer una continuidad entre la capa granular y la capa asfáltica que se ejecuta sobre ella.



La sub-base es la capa que se encuentra entre la base y la subrasante. Debido a que está sometida a menores esfuerzos que la base, su calidad puede ser inferior y está constituida por materiales locales granulares siempre y cuando cumplan ciertas condiciones. El tamaño máximo será de $2 \frac{1}{2}$ ".

En cuanto a la Base granular, es la capa que se encuentra bajo la capa de rodamiento. Debido a su proximidad con la superficie, debe poseer alta resistencia a la deformación, ya que es la que recibe mayores cargas. Se construye con materiales granulares procesados con tamaño máximo de las partículas de $1 \frac{1}{2}$ ".

El proceso de colocación de la misma consiste en colocar, extender, batir y compactar las capas de materiales compuestos por grava o piedra partida y finos.

Para la formación de la base, se batirá todo el material por medio de la cuchilla de la moto niveladora en toda la profundidad de la capa, llevándolo en forma alternada hacia el centro y los bordes de la calzada. Para poder realizar el riego de agua se deberá escarificar el material, para poder tener una humedad homogénea. Una vez concluida la distribución y el emparejamiento del material, cada capa de base deberá ser compactada en su ancho total por medio de rodillos lisos vibratorios con un peso mínimo de 10 toneladas.

Para la sub-base de este proyecto se realizará el mismo proceso, pero hasta llegar a la resistencia deseada, la cual consiste, a obtener un CBR = 40%. Mientras que para la base será CBR = 80%.

La función primordial de la capa de rodamiento será la de proteger la base, impermeabilizando la superficie para evitar así posibles infiltraciones de agua de lluvia que podrían saturar parcial o totalmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos. Estará compuesta por arena triturada (hasta 6 mm), piedra partida (6 a 19 mm), arena silíceo, cemento asfáltico y filler; se tomó el galibo de la capa de rodamiento igual al 2%, la banquina tendrá un pendiente del 4%.

II. -MÉTODO DE DISEÑO AASHTO

Los datos del AASHTO Road Test daban relaciones empíricas entre el espesor del concreto asfáltico, magnitud de cargas, tipo de ejes, número de aplicaciones de cargas y pérdida de serviciabilidad para un pavimento en las condiciones de dicho ensayo.

Se hicieron versiones provisionarias de la guía AASHTO que fueron publicadas en 1972 y 1981, aunque en 1981 no hubo cambios en este rubro con respecto a 1972.

En el año 1986 se presentaron muchas innovaciones. Aparece el concepto de “Nivel de Confianza” o confiabilidad, que permite al proyectista diseñar un pavimento con un nivel apropiado de riesgo. El factor de confiabilidad de diseño FR permite tener en cuenta variaciones tanto en la predicción del tránsito como en el comportamiento del pavimento.

También se introduce el módulo resiliente que reemplaza al CBR como dato de entrada. Esto permite una mejor definición de las propiedades resistentes de los materiales. Puede aplicarse también a materiales estabilizados.

Las condiciones de drenaje están tomadas en cuenta con los coeficientes de drenaje m_i . Estos son función de la calidad del drenaje y del porcentaje de tiempo que la estructura estará sometida a niveles de humedad próximos a la saturación. Este coeficiente se aplica a las capas no estabilizadas.

También se prevé el efecto de hinchamiento por subrasantes expansivas y el efecto de hinchamiento por congelación.

La ecuación de diseño es ahora:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \Delta PSI}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Donde:

W_{18} = número de aplicaciones de cargas de 80 KN

Z_R = abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada. Desviación estándar normal.

S_0 = error estimado en la predicción del tránsito.

ΔPSI = pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

MR = módulo resiliente de la subrasante.

SN = número estructural es un número abstracto que representa la resistencia requerida del pavimento.

Para la aplicación del método AASHTO se debe verificar la ecuación anterior adoptando un valor de SN .

- PRIMER TÉRMINO DE LA ECUACIÓN:

$$\log W_{18} = GF \times ESALS \times DD \times LD$$

Donde:

- *Factor de crecimiento GF:*

$$GF = \frac{(1 + g)^n - 1}{g} = 24.30$$

n : Periodo de análisis considerado (20 años)

g : Tasa anual de crecimiento (2%)

- *Determinación del ESALS:* Es el tránsito medio anual expresado en ejes equivalentes de 8,2 tn. El cálculo del ESALS se obtuvo a partir de las tablas emitidas por la ASHTO 93 y por una serie de iteraciones que estaban en función del censo de tránsito (obtenido a través de la página de Vialidad Nacional) y la cantidad de ejes tipo de cada vehículo, con lo que se obtuvo la siguiente tabla.

3500	CANTIDAD	VEHICULOS	S1=13,24	D1=23,16	D2=39,71	D3=46,32
74,90	2622	LIV	0	-	-	-
0,00	0	CTAS	-	-	-	-
1,20	42	BU 1	42	42	-	-
1,90	67	BU 2	87	-	87	-
6,30	221	SA 1	221	221	-	-
0,40	14	SA 2	14	-	14	-
0,70	25	CA 1	25	25	-	-
4,70	165	CA 2	165	329	165	-
0,30	11	CA 3	11	11	21	-
0,50	18	SE 1	18	35	-	-
4,90	172	SE 2	172	172	172	-
3,90	137	SE 3	137	137	-	137
0,30	11	SE 4	11	-	11	11
100,00	3500		899	970	469	147

A partir de allí, se obtuvo por interpolaciones un valor de LEF para cada tipo de eje siguiendo la ecuación:

$$ESALs = S_1 \times LEF_{S1} + D_1 \times LEF_{D1} + D_2 \times LEF_{D2} + D_3 \times LEF_{D3}$$

LEF S1	12	14	13,24
	0,183	0,35	0,287
LEF D1	22	24	23,16
	0,174	0,252	0,219
LEF D2	38	40	39,71
	1,72	2,13	2,071
LEF D3	46	48	46,31
	0,852	1,015	0,877

Una vez obtenido el LEF se calculó el ESALs, a partir de un Número Estructural igual a 3,5.

- *Determinación de DD (distribución direccional):* Adoptamos un DD = 0,5 por ser el tránsito igual en las 2 direcciones. En el caso de haber sido un tránsito que circule en una sola dirección se tomaría **DD = 1**.
- *Determinación de LD (distribución por trocha).* Se considera **LD= 1**

	NUMERO ESTRUCTURAL		
	3	3,5	4
LEF S1	0,291	0,289	0,287
LEF D1	0,228	0,2235	0,219
LEF D2	2,089	2,0800	2,071
LEF D3	0,877	0,8760	0,875
ESALs	1590	1580	1569
W 18	14103377,5	14010042,8	13916708,04
log W18	7,149	7,15	7,144

• SEGUNDO TÉRMINO DE LA ECUACIÓN:

- *Determinación de Z_R:*

A partir de la *Tabla 4: Valores de Confiabilidad* se adopta un valor de R=85 para una ruta nacional y secundaria en zona rural:

Tabla 4: Valores de Confiabilidad

Tipo de camino	R recomendado	
	Zona Urbana	Zona Rural
Ruta Nacional y Autopista	65 – 99.9	60 – 99.9
Ruta Provincial y Primaria	80 – 99	75 – 99
Ruta Provincial y Secundaria	60 – 95	75 – 95
Camino Vecinales	50 – 60	50 – 60

De acuerdo al valor de R, obtenemos el valor de Z_R , que en nuestro caso será igual a 1.04:

Tabla 5: Valores Z_R

Confiabilidad	Z_R	Confiabilidad	Z_R
50	0.00	92	1.405
60	0.253	94	1.555
70	0.524	95	1.645
75	0.674	96	1.751
80	0.841	97	1.881
85	1.037	98	2.054
90	1.282	99	2.327

- *Determinación de S_0 :*

A partir de la tabla X, para variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito y pavimento flexible se tiene:

Tabla 6: Valores del Desvío estándar

Condiciones de diseño	Desvío estándar
Predicción del comportamiento sin errores en el tránsito	0.34 Pavimento Rígido
	0.44 Pavimento Flexible
Predicción del comportamiento con errores en el tránsito	0.39 Pavimento Rígido
	0.49 Pavimento Flexible

- *Determinación de MR:*

El módulo resiliente se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$MR = CBR\% \times 1500$$

Se acuerdo al valor obtenido del ensayo de laboratorio CBR= 6.5%, se tiene que:

$$MR = 6.5\% \times 1500 = \mathbf{9750 \text{ psi}}$$

- *Determinación de ΔPSI :*

AASHTO recomienda para el diseño de pavimentos nuevos la pérdida de servicialidad adoptar valores de $P_o = 4,0$ y $P_f = 2,0$. Cabe destacar que el valor 5 equivalente a perfecto y el valor 0 representa pésimo. Por lo tanto:

$$\Delta PSI = 4,0 - 2,0 = 2,0$$

Una vez obtenidos todos estos valores, se procede a igualar ambos términos de la ecuación, siendo necesario nuevamente iterar el valor de SN, hasta lograr la igualdad de la ecuación, con lo cual se obtuvo:

$$SN = 3,14$$

- CRITERIO DE LOS ESPESORES MINIMOS

Una vez determinado el valor del Numero Estructural de proyecto, se debe calcular el SN necesario de la siguiente manera:

$$SN_{proy} = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + a_3 \times m_3 \times D_3$$

Donde:

D_i : Espesores de cada capa, expresado en centímetros.

a_i : Coeficiente estructural de capa. Están en función de la calidad de los materiales que forman la capa y se obtienen a partir del CBR por tablas.

m_i : Coeficiente de drenaje. Tiene en cuenta el tiempo en que las capas están sometidos a niveles próximos a la saturación, se obtiene por tablas en función de la calidad de drenaje y el porcentaje de tiempo próximo a la saturación, se adopta $m = 1$ cuando no se tiene certeza de dicha saturación.

El criterio de los espesores mínimos consiste en determinar el número estructural utilizando el módulo resiliente de la capa inferior a la capa que se está calculando dicho espesor. Y finalmente se debe comprobar que:

$$SN_{nec} < SN_{proy}$$

A continuación, aplicando las expresiones detalladas anteriormente, se determinará los espesores correspondientes a cada capa.

- CARPETA:

CBR= 80 %..... $M_R = 120000$ psi

$SN_1 = 1,162$

$$D_1 > \frac{SN_1}{a_1} = \frac{1.162}{0.165} = 7,04 \text{ cm} \rightarrow \text{Se adopta } D_1 = 7 \text{ cm}$$

con lo cual:

$$SN_1^* = 7 \times 0.165 = 1.155$$

- BASE:

CBR= 40 %..... $M_R = 60000$ psi

$SN_2 = 1,572$

$$D_1 > \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \times m_2} = \frac{1.572 - 1.155}{0.055} = 7,58 \text{ cm} \rightarrow \text{Se adopta } D_2 = 15 \text{ cm}$$

con lo cual:

$$SN_2^* = 15 \times 0.055 = 0.825$$

- SUBBASE:

CBR= 6,9 %..... $M_R = 9750$ psi

$SN_3 = 3,14$

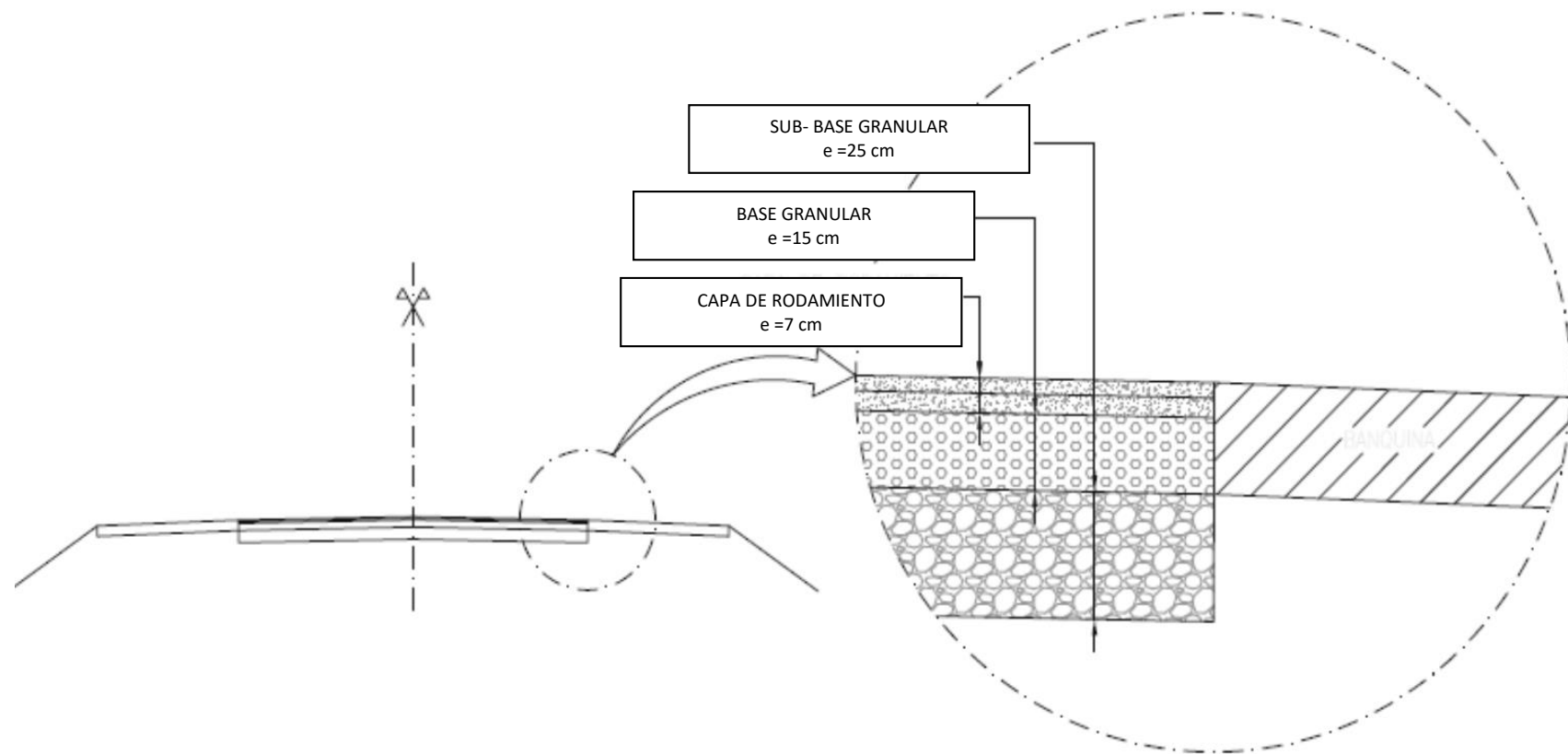
$$D_3 > \frac{SN_3 - SN_2^* - SN_1^*}{a_3 \times m_3} = \frac{3.14 - 0.825 - 1.155}{0.047} = 24,68 \text{ cm} \rightarrow \text{Se adopta } D_3 = 25 \text{ cm}$$

con lo cual:

$$SN_3^* = 25 \times 0.047 = 1.175$$

$$SN_{proy} = 1.175 + 0.825 + 1.155$$

$$SN_{proy} = 3.155 > SN_{nec} = 3.14 \rightarrow \text{VERIFICA}$$



CAPITULO N° 7. – OBRAS DE ARTES MENORES

I. -INTRODUCCIÓN

Cuando el exceso de agua en los suelos o la infiltración alcanza la estructura de una carretera, afecta sus propiedades geo mecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, presiones de poros, supresiones, e incrementos de la susceptibilidad a los cambios volumétricos, entre otros aspectos. Por tal motivo, es indispensable disponer de un conjunto de obras que permitan un manejo adecuado de los fluidos, considerando su captación, conducción y evacuación de los mismos.

Existen una serie de factores que influyen en el diseño de drenaje de una carretera, tales como la topografía, la hidrología y la geología del lugar de estudio. Dichos factores, a su vez, intervienen en los métodos de diseño de los drenajes como así también en los coeficientes que se utilizan en las formulas.

Se considera obras de artes menores a los drenajes superficiales como ser las alcantarillas y badenes. Los primeros se definen como canalizaciones que cruzan transversalmente el camino y permiten la evacuación de cursos de agua natural y la descarga de cunetas. Las dimensiones de su sección se determinan en base a la estimación del caudal a evacuar. Mientras que los segundos, se emplean cuando el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que se presenta con mayor intensidad durante los periodos lluviosos y donde no ha sido posible la proyección de una alcantarilla.

Realizando un análisis detallado, en nuestro proyecto, se efectuó el diseño y cálculo de alcantarillas; los mismos se encuentran señalizados en los planos de planialtimétricos.

II. -CÁLCULO HIDROLOGICO

II.1. - PRECIPITACIONES MAXIMAS ANUAL

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se procede a determinar el caudal de diseño de los drenajes.

En primer lugar, para el estudio hidrológico se tuvo en cuenta los antecedentes climáticos e hidrológicos de datos de lluvia diaria de la Chacra Experimental ubicada en Colonia de Santa Rosa, siendo ésta la única estación meteorológica más cercana a la zona de estudio.

Con lo cual se tiene los siguientes datos de precipitaciones máximas diarias anuales:

PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS DE CADA AÑO HIDROLOGICO

N°	AÑO	Precipitación
1	1955	144
2	1956	92
3	1957	104

N°	AÑO	Precipitación
27	1981	112
28	1982	100,5
29	1983	167

4	1958	126	30	1984	132
5	1959	161	31	1985	76,5
6	1960	107	32	1986	100,5
7	1961	103	33	1987	114
8	1962	95	34	1988	102
9	1963	107	35	1989	81
10	1964	87	36	1990	87
11	1965	114	37	1991	128
12	1966	101	38	1992	128
13	1967	161	39	1993	108
14	1968	108	40	1994	100
15	1969	130	41	1995	40,9
16	1970	130	42	1996	130
17	1971	87	43	1997	127
18	1972	106	44	1998	56,5
19	1973	115	45	1999	157,5
20	1974	100,5	46	2000	81
21	1975	106,2	47	2001	90
22	1976	58,5	48	2002	237
23	1977	224,5	49	2003	124
24	1978	127	50	2004	75
25	1979	105,6	51	2005	126
26	1980	70	52	2006	106

TOTALES	5857,7
Media Mensual	112,6
Precipitación Mínima	40,9
Precipitación Máxima	237
Intervalo de variación	196,1
Desvío Estándar	35
Coefficiente de Variación	0,3

II.2. - ANALISIS ESTADISTICO DE DATOS HIDROLOGICOS

Para la estimación de las precipitaciones máximas de diseño, se empleó la aplicación de diferentes modelos probabilísticos considerando un periodo de retorno de 25 años. Estos modelos son:

- Distribución Log Normal
- Distribución Log Pearson tipoIII
- Distribución Gumbel.

Los mismos se calcularon con la ayuda de una planilla Excel.

DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDADES			
T_r	$=$	25	años

Gumbel		Lognormal		Log - Pearson III	
N =	52	N =	52	N =	52
X_m =	112.65	Y_m =	4.68	y_m =	2.03
S_x =	35.30	S_y =	0.31	S_y =	0.13
Y_n =	0.5493	$P_{ocurrencia}$ =	0.040	C_s =	-0.29
S_n =	1.1638	$P_{no\ currencia}$ =	0.960	w =	2.54
a =	0.0330			z =	1.75
μ =	95.98			K_T =	1.65
				y_T =	2.25

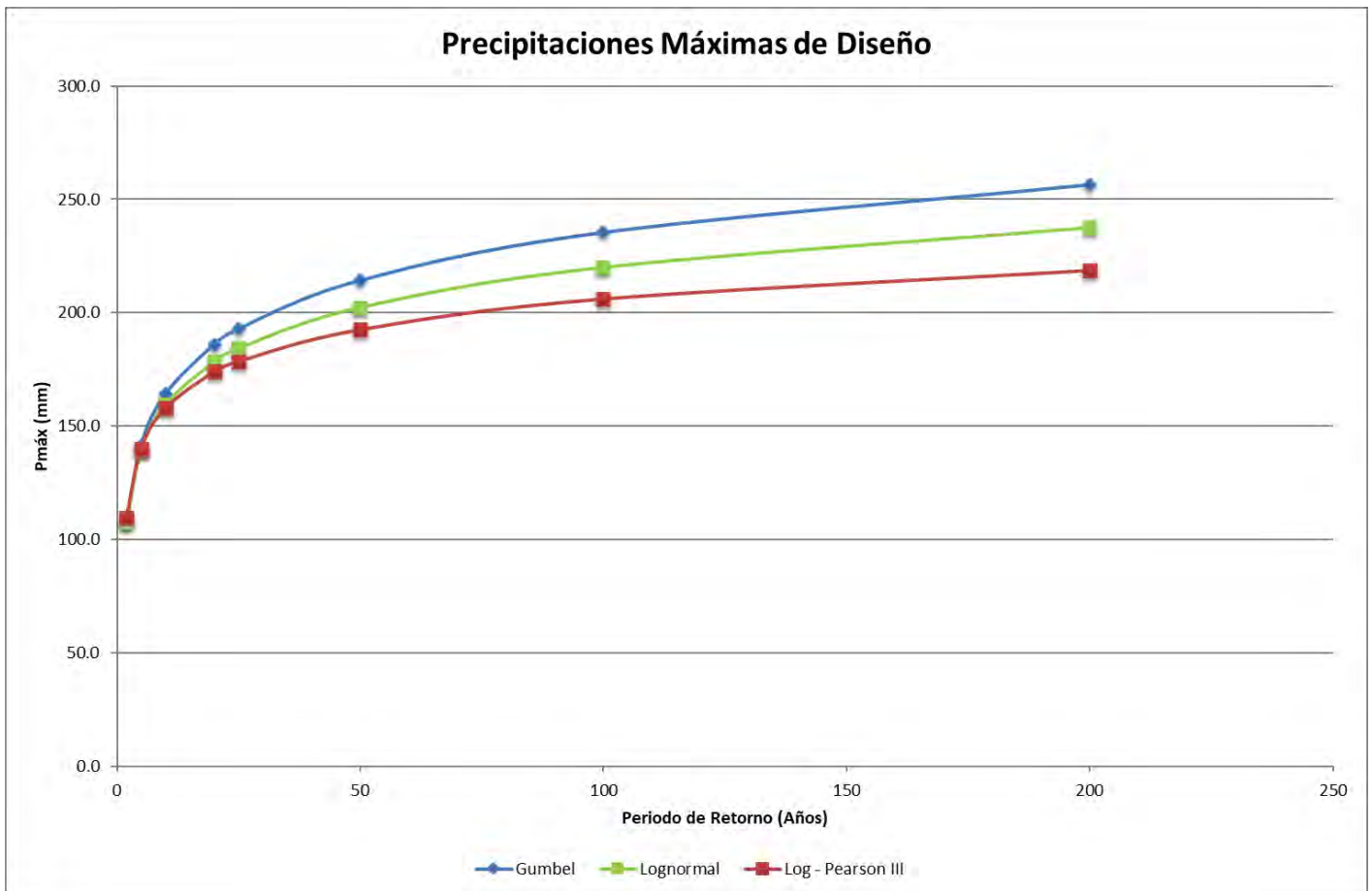
$P_{TGum} =$ 193.0 mm	$P_{TLogn} =$ 184.3 mm	$P_{TLogn} =$ 178.5 mm
------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

Comparando los resultados obtenidos en cada método, se emplea el mayor de todos, con lo cual nos resulta:

$$P_{max\ diseño} = 193.00\ mm$$

A su vez, se realizaron los cálculos correspondientes para los diferentes periodos de retorno como así también los gráficos de acuerdo a las distintas distribuciones:

Gumbel			Lognormal			Log - Pearson III		
T_r [Años]	P		T_r [Años]	P		T_r [Años]	P	
2	107.1	mm	2	107.6	mm	2	109.2	mm
5	141.5	mm	5	139.4	mm	5	139.8	mm
10	164.2	mm	10	159.6	mm	10	157.8	mm
20	186.1	mm	20	178.4	mm	20	174.0	mm
25	193.0	mm	25	184.3	mm	25	178.5	mm
50	214.3	mm	50	202.3	mm	50	192.5	mm
100	235.5	mm	100	219.9	mm	100	206.2	mm
200	256.6	mm	200	237.5	mm	200	218.8	mm



II.3. - DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS I-D-T

Una vez obtenida el valor máximo de precipitación, se obtienen los valores de la intensidad de lluvia (i), en función de su duración (d) y valores de estas funciones en un periodo de retorno (T), que en nuestro caso es de 25 años.

Para la determinación de la curva IDT, aplicamos la metodología de Grunsky, cuya expresión es:

$$i = i_{24} \times \sqrt{\frac{24}{t}}$$

Donde:

- i = intensidad en una duración cualquiera t
- i_{24} = intensidad media en 24 horas
- t = duración en horas

$$T_r = 25 \text{ años}$$

$$P_{\text{Máx}} = 193.0 \text{ mm}$$

Conocida la precipitación máxima diaria a partir del ajuste estadístico realizado, se calcula la intensidad media a partir de la siguiente ecuación:

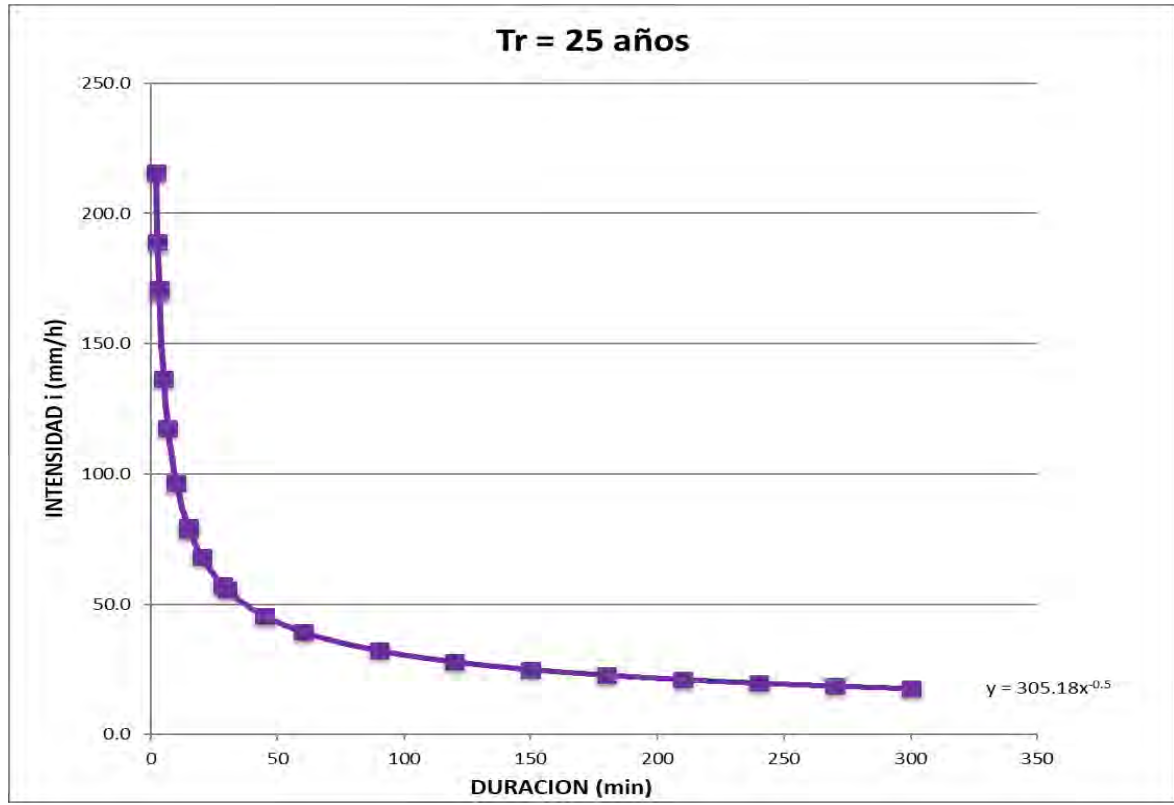
$$i_{24} = \frac{P}{24}$$

Los valores obtenidos al periodo de retorno de 25 años son:

T_r	=	25	años
$P_{\text{Máx}}$	=	193.0	mm

Dur [Min]	Intensidad	
0.78	345.5	mm/h
1.074	294.5	mm/h
1.329	264.7	mm/h
1.455	253.0	mm/h
1.92	220.2	mm/h
2	215.8	mm/h
2.610	188.9	mm/h
3.181	171.1	mm/h
3.211	170.3	mm/h
5	136.5	mm/h
6.753	117.4	mm/h
10	96.5	mm/h
14.666	79.7	mm/h
15	78.8	mm/h
20	68.2	mm/h
28.41	57.3	mm/h
30	55.7	mm/h
45	45.5	mm/h
60	39.4	mm/h
90	32.2	mm/h
120	27.9	mm/h
150	24.9	mm/h
180	22.7	mm/h
210	21.1	mm/h
240	19.7	mm/h
270	18.6	mm/h
300	17.6	mm/h

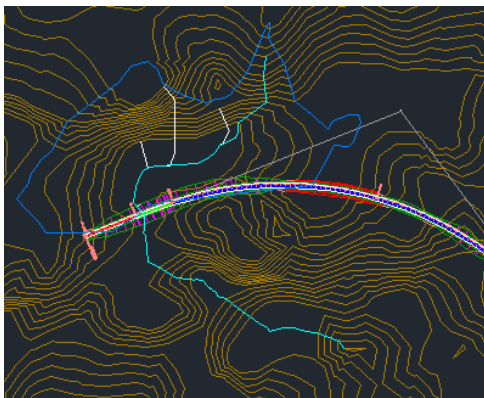
Dur [Min]	Intensidad	
0.78	345.5	mm/h
1.074	294.5	mm/h
1.329	264.7	mm/h
1.455	253.0	mm/h
1.92	220.2	mm/h
2	215.8	mm/h
2.610	188.9	mm/h
3.181	171.1	mm/h
3.211	170.3	mm/h
5	136.5	mm/h
6.753	117.4	mm/h
10	96.5	mm/h
14.666	79.7	mm/h
15	78.8	mm/h
20	68.2	mm/h
28.41	57.3	mm/h
30	55.7	mm/h
45	45.5	mm/h
60	39.4	mm/h
90	32.2	mm/h
120	27.9	mm/h
150	24.9	mm/h
180	22.7	mm/h
210	21.1	mm/h
240	19.7	mm/h
270	18.6	mm/h
300	17.6	mm/h



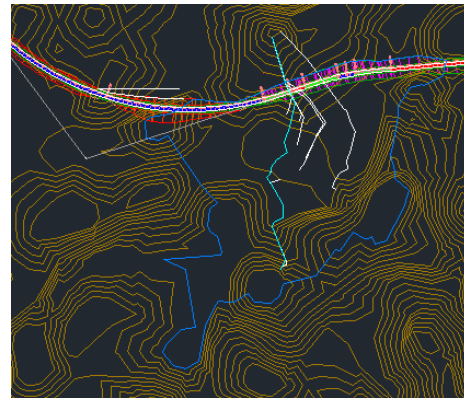
III. -CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO

A modo de práctico y debido al alcance de nuestro proyecto, se calcularán dos alcantarillas correspondientes a las progresivas 1+020 y 2+470.

La delimitación de las cuencas se realizó considerando las futuras alcantarillas como puntos de control. Las cuencas se muestran a continuación:



CUENCA N° 1



CUENCA N° 2

Se evaluó el caudal empleando el método racional, cuya expresión es:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Donde:

- Q = caudal punta correspondiente al periodo de retorno (25 años)
- I = máxima intensidad media de precipitación, correspondiente al periodo de retorno de 25 años, y a un intervalo igual al tiempo de concentración.
- A = superficie de cuenca (km^2)
- C = coeficiente de escorrentía, debido a la zona se considerará igual a 0.50

1. Para la alcantarilla de la **Progresiva 1+020**, se tiene:

El tiempo de concentración, mediante la expresión de Kirpich:

$$t_c = \left(0.87 \times \frac{L^3}{D_h} \right)^{0.395}$$

Siendo:

L = longitud del escurrimiento más largo

D_h = diferencia altimétrica del punto más alto y el punto más bajo

$$D_h = 112.00 - 99.70 = 12.30 \text{ m}$$

Reemplazando:

$$t_c = \left(0.87 \times \frac{(480)^3}{12.30} \right)^{0.395} = \mathbf{9.51 \text{ min}}$$

Con el tiempo de concentración, se calcula la intensidad mediante la curva IDF, la cual nos da:

$$I = \mathbf{99.0 \frac{mm}{h}}$$

Por lo tanto, el caudal según el método racional es:

$$Q = \frac{0.50 \times 99.0 \times 14.05 \text{ ha}}{360}$$

$$Q = \mathbf{2 \frac{m^3}{seg}}$$

2. Para la alcantarilla de la **Progresiva 2+470**, se tiene:

Siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente, se tiene:

$$D_h = 98.00 - 80.22 = 17.78 \text{ m}$$

Reemplazando:

$$t_c = \left(0.87 \times \frac{(300)^3}{17.78} \right)^{0.395} = 4.80 \text{ min}$$

Con el tiempo de concentración, se calcula la intensidad mediante la curva IDF, la cual nos da:

$$I = 139.4 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

Por lo tanto, el caudal según el método racional es:

$$Q = \frac{0.50 \times 139.4 \times 18.50 \text{ ha}}{360}$$

$$Q_{nec} = 1 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

IV. -CÁLCULO DE SECCIÓN DE ALCANTARILLAS

Una vez determinado los caudales de diseño correspondientes a un periodo de retorno de 25 años, se procede a calcular las áreas transversales de dichas alcantarillas. El procedimiento realizado consiste, en primer lugar, en la predimensión del área de la sección, con lo cual se determinó la velocidad mediante la fórmula de Manning; con cuyo valor, se calculó el caudal del proyecto. Dicho caudal debe ser mayor o igual al caudal máximo necesario obtenido en el método racional.

Las características geométricas y constructivas de las secciones de las alcantarillas consideradas en el presente proyecto, se encuentran definidas según el Plano Tipo O-41211, emitido por la Dirección Nacional de Vialidad.

1. Alcantarilla **Progresiva 1+020**:

Se consideró una sección de un ancho de 1.00 m y una altura de 1.50 m. Se procede a calcular la velocidad mediante la fórmula de Manning:

$$v = \frac{1}{n_i} \times R_i^{\frac{2}{3}} \times S_i^{\frac{1}{2}}$$

Siendo:

- n_i = coeficiente de rugosidad. Se consideró igual a 0.013 por tratarse de hormigón armado
- R_i = radio hidráulico, cuya expresión es:

$$R_i = \frac{\text{Area}}{\text{Perimetro}} = \frac{1.50 \text{ m}^2}{5.00 \text{ m}} = 0.30$$

- S_i = pendiente media. En este caso, es 2%.

Reemplazando, se tiene que la velocidad es:

$$v = \frac{1}{0.013} \times (0.30)^{\frac{2}{3}} \times (0.02)^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 4.90 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Sabiendo que el caudal del proyecto es:

$$Q = v \times A$$

$$Q_{\text{proy}} = 4.90 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \times 1.50 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{proy}} = 7.31 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \geq Q_{\text{nec}} = 2 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \rightarrow \text{Verifica}$$

El caudal del proyecto posee un valor elevado en comparación al requerido, con lo cual se puede concluir que la sección considerada se encuentra sobredimensionada. Se consideró una sección con altura de 1.50, como mínimo, con el fin de permitir el acceso del personal para realizar su limpieza, ya que se trata de una zona con suelos finos, lo cual conlleva a una gran erosividad colmatándose rápidamente.

2. Alcantarilla Progresiva 2+370:

Siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente, se tiene una sección de un ancho de 1.00 m y una altura de 1.50 m. Se procede a calcular la velocidad mediante la fórmula de Manning:

$$v = \frac{1}{n_i} \times R_i^{\frac{2}{3}} \times S_i^{\frac{1}{2}}$$

R_i = radio hidráulico, cuya expresión es:

$$R_i = \frac{\text{Area}}{\text{Perimetro}} = \frac{1.50 \text{ m}^2}{5.00 \text{ m}} = 0.30$$

- S_i = pendiente media. En este caso, es 2%.

Reemplazando, se tiene que la velocidad es:

$$v = \frac{1}{0.013} \times (0.30)^{\frac{2}{3}} \times (0.02)^{\frac{1}{2}}$$
$$v = 4.90 \frac{m}{seg}$$

Sabiendo que el caudal del proyecto es:

$$Q = v \times A$$
$$Q_{proy} = 4.90 \frac{m}{seg} \times 1.50 m^2$$
$$Q_{proy} = 7.31 \frac{m^3}{seg} \geq Q_{nec} = 1 \frac{m^3}{seg} \rightarrow Verifica$$

De la misma manera, se concluye lo expresado anteriormente. Por otro lado, debido a la erosividad de la zona, se considerará, aguas abajo de las alcantarillas, la construcción de un diente de hormigón armado, de 1 metro de profundidad, con el objeto de evitar erosiones en las zonas debajo de la losa, como así también la ejecución de obras de gaviones de 1.00 mt x 1.00 mt y colchonetas de 0.30 m x 2.00 mt, con el fin de proteger las obras de arte. Ver planos de alcantarilla (PA-001).

CAPITULO N° 8. – INTERSECCIÓN

I. -INTERSECCIONES

Las intersecciones son áreas de uso compartido donde dos o más caminos se encuentran o cruzan. Incluyen calzadas y zonas laterales. Para evitar los choques, se separan las trayectorias:

- Separación temporal (intersecciones a nivel) mediante:
 - Reglas fijas de prioridad (ej. prioridad a la derecha).
 - Señalización de prioridad (Ceda o Pare) para una de las dos trayectorias.
 - Semáforos. En las zonas urbanas puede utilizarse un ordenamiento de prioridades alternadas para las trayectorias mediante semáforos, el cual permite múltiples combinaciones de fases. Los semáforos no son convenientes en zonas rurales, porque son poco habituales y su presencia inesperada puede constituir un peligro.
- Separación espacial (intersecciones a distinto nivel):
 - Separaciones de nivel. Cruce puro, sin ramas de conexión.
 - Distribuidores. Proveen capacidad muy superior a las intersecciones a nivel, al eliminarse las detenciones en el cruce principal. La comodidad y seguridad de circulación son mayores al desaparecer la necesidad de estar atento a los demás vehículos y al disminuir posibilidad de un choque lateral. Su inconveniente principal es el costo de la estructura y de las modificaciones del perfil longitudinal para materializar el desnivel.

II. -INTERSECCIONES A NIVEL

II.1. - FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ELECCIÓN

Los factores que determinan el tipo y las características de una intersección son:

II.1.a. -Tránsito

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

Distribución: la forma en la que el tránsito se distribuye, 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 son:

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

II.1.b. -Entorno físico

- Topografía.
- Jerarquía de las rutas que se intersectan.
- Ángulo de intersección.
- Uso y disponibilidad del suelo.
- Distancias visuales.

II.1.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.

II.1.d. -Factores humanos

- Hábitos de manejo de los conductores.
- Tiempos de percepción y reacción.
- Capacidad para tomar decisiones.
- El efecto que produce la sorpresa.

La consideración de estos factores y la selección de los dispositivos de control de tránsito adecuados limitarán las opciones para la elección final. Según la sana práctica de diseño se elige el tipo de intersección más barato que provee la mayor efectividad de costo.

En función de los TMDA de los caminos que se intersectan, la *Imagen 9: Tipo de intersección basado en flujos de tránsito* orienta la selección del tipo de intersección.

Se consideró para la Ruta Nacional N°34, un TMDA= 4500, siendo este el camino principal; mientras que, la ruta a proyectar un TMDA=3500, camino secundario.

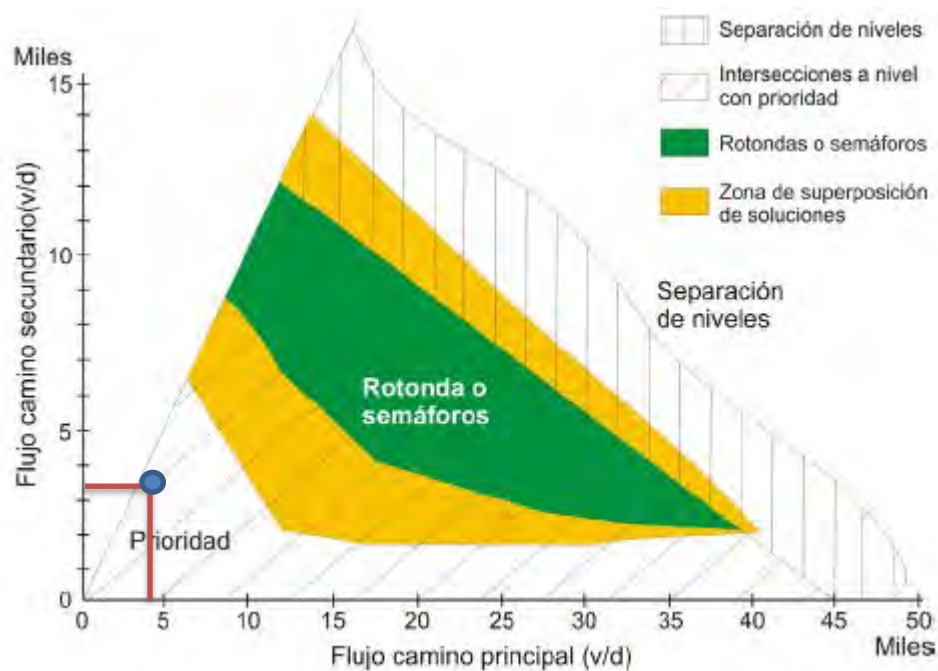


Imagen 9: Tipo de intersección basado en flujos de tránsito

Es decir, que en función del TMDA que afecta nuestro proyecto y el de la actual RN N° 34, el tipo de intersección a proyectar sería por prioridad.

Otra manera de poder determinar el tipo de intersección a desarrollar, también a partir de los TMDA de los caminos intervinientes, es en función de la siguiente imagen de la Highway Geometric Design Guide, Alberta Transportation, (Norma de Diseño de Canadá). Las categorías que prevee dicha norma son:

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

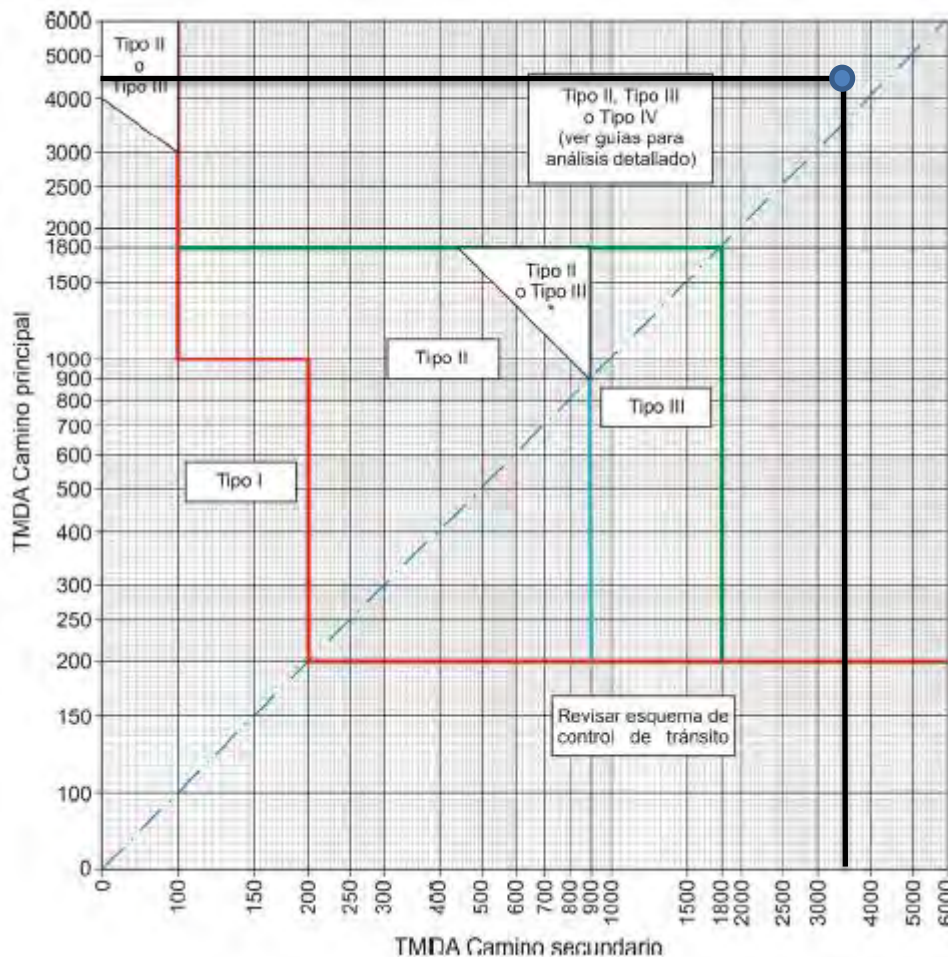
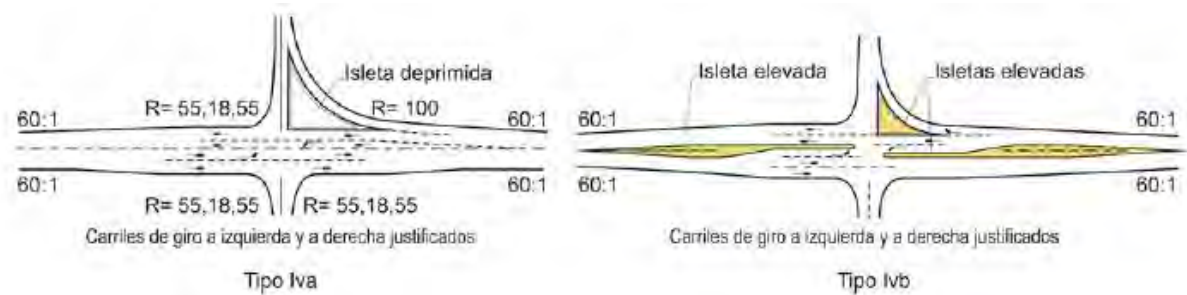


Imagen 10: Selección del tipo de intersección a nivel en caminos de dos carriles y dos sentidos, basada en flujos de tránsito (velocidad directriz ≥ 90 km/h).

Notas:

- Si en el camino secundario el TMDA es < 100 vpd, se dispondrá una intersección Tipo I, salvo para tránsitos muy altos en el principal, en cuyo caso queda a juicio del proyectista utilizar Tipo I o Tipo II.
- Utilizar los volúmenes horarios proyectados al año de proyecto.
- Para volúmenes de tránsito de los tipos II a IV pueden convenir las rotondas.

Según lo obtenido en la gráfica anterior, se tiene una intersección del tipo II, III o IV. Dadas las características de nuestro proyecto se puede adoptar un tipo IV, y desarrollar una canalizada o una rotonda.



III. -PRINCIPIOS DE DISEÑO

III.1. - EL FUNCIONAMIENTO DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CONDUCTOR

El diseño de la intersección y su señalización de orientación deben dirigirse a conductores inexpertos y no familiarizados con ella. Durante el diseño de la rotonda prevalecieron los siguientes criterios:

- Sencillez: todos los movimientos permitidos deben resultar fáciles y evidentes. Evitar diseños complejos que requieran decisiones complicadas por parte de los conductores.
- Uniformidad: la mayoría de los conductores tienden a una rutina, y no concentran suficientemente su atención en la conducción. Ante situaciones o entornos similares, buscarán instintivamente soluciones basadas en su experiencia anterior. Es por ello que asemejamos nuestra solución a los ejecutados en la zona, como por ejemplo los accesos a las localidades de Colonia de Santa Rosa y Pichanal.

III.2. - UBICACIÓN DE LAS INTERSECCIONES

III.2.a. -En curvas horizontales

- Se dificulta la visibilidad a los conductores en los caminos secundarios sobre el interior de la curva, porque el tránsito que se aproxima está parcialmente detrás de ellos, formando un ángulo artificial de oblicuidad
- Parte del triángulo de visibilidad puede quedar fuera de los límites de la zona de camino.

III.2.b. -En pendiente

Evitar las pendientes fuertes en la zona de la intersección para:

- Facilitar las maniobras de giro, y
- Facilitar las maniobras de aceleración y de frenado de los vehículos, con una conveniente evaluación de tales maniobras por parte de los conductores.

Se recomienda tener una Pendiente deseable del camino principal 3% o menos, más allá que es aceptable una pendiente máxima del 6%. En nuestro proyecto se trabajó con pendiente aproximadamente nula, tal como se observa en la *Lámina PLR-001 – Perfiles Longitudinales*.

III.2.c. -Ángulo de intersección

Para dar a los conductores una adecuada visibilidad en el cruce y facilitar su reacción ante las decisiones que deban tomar, se recomienda proyectar las intersecciones con un Ángulo deseable de 90°, aceptando un ángulo mínimo de 60°.

Fue por este motivo el desplazamiento del eje de la ruta proyectada en el presente trabajo, dado que el actual camino tiene un ángulo muy pequeño, logrando así un ángulo de intersección de 90° aproximadamente.

III.2.d. -Distancia visual de intersección

El diseño de la intersección debe asegurar la distancia visual de detención a los conductores que circulan por el camino principal y por el secundario. Puede ser necesario modificar el alineamiento del camino principal, del secundario o de ambos. Este tema se tratará más adelante en el apartado *V-Distancia visual en intersecciones*.

III.3. - PUNTOS DE CONFLICTO

Las interacciones entre los vehículos, que no sean una circulación paralela, dan origen a lo que se llama puntos de conflicto: un nudo bien proyectado está formado por un conjunto organizado de ellos. Los puntos de conflicto son potenciales de accidentes, cuya probabilidad media (asociada a cada movimiento) 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 tanto mayor, cuanto mayor sea la intensidad de la circulación de los movimientos que en él intervengan. Conviene, por lo tanto, adaptar el tipo de nudo a la importancia de estas intensidades, haciendo corresponder a las mayores los menores niveles de riesgo, y evitando los tipos que den lugar a riesgos excesivos, incluso si las intensidades de tránsito expuestas a ellos fueran reducidas.

El número de puntos de conflicto de una intersección aumenta muy rápidamente con el número de ramales que en él confluyen; tal como se muestra en *Imagen 29: Puntos de conflictos en intersecciones y rotondas modernas*.

Como las condiciones de circulación mejoran si disminuye el número de puntos de conflicto, no resultan convenientes las intersecciones de más de cuatro ramales, sobre todo en lo relativo a los cruces.

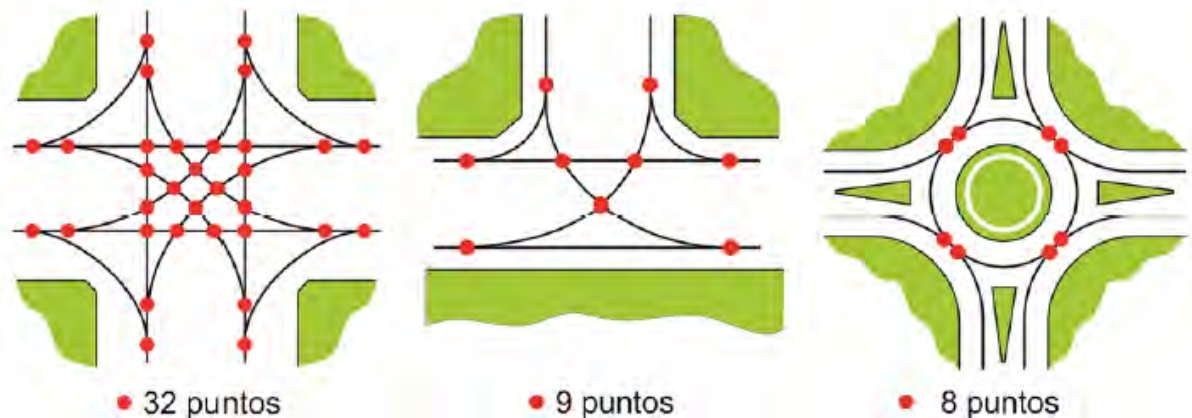


Imagen 11: Puntos de conflictos en intersecciones y rotondas modernas

III.4. - MOVIMIENTOS DE PASO Y MOVIMIENTOS DE GIRO

Los vehículos que, por un tramo de camino acceden a una intersección, pueden seguir, salvo que sean físicamente imposibles o estén prohibidas, tres trayectorias distintas:

- Un movimiento de paso, con una trayectoria que cruza a las demás para seguir por la prolongación del tramo de acceso.
- Un giro a la derecha, para seguir por otro tramo más o menos perpendicular al de acceso, normalmente sin cruzar a ninguna otra trayectoria.
- Un giro a la izquierda, para seguir por otro tramo más o menos perpendicular al de acceso, pero en el que resulta imposible evitar el cruce de alguna otra trayectoria (normalmente la del movimiento de paso en sentido opuesto al de acceso). La forma de resolver este tipo de giros caracteriza a la intersección.

A partir de esto se puede decir que el giro a la izquierda es el que mayor riesgo genera a los usuarios, es por ello que requiere mayor estudio.

Los vehículos que realizan este movimiento normalmente tienen un cruce con otras corrientes de tránsito. Por lo tanto, la forma de resolver el giro a izquierda define la intersección. Si existe un gran volumen de vehículos que giran a la izquierda, pueden estorbar los movimientos directos y por lo tanto debieran esperar fuera de los carriles directos.

Por razones de seguridad, en las intersecciones de prioridad deben observarse los principios siguientes:

- Simplicidad: pocas isletas, tan pocas para carriles de giro derecha como sea posible;
- Ausencia de ambigüedades: en la definición del tipo de operación de la intersección y el trazado de las ramas;
- Los conductores deben tomar una decisión por vez;

- Coherencia entre trazado y prioridad. La trayectoria correcta debe ser fácil de seguir y realmente continua;
- Deflexiones en trayectorias no prioritarias.

El giro a izquierda puede tratarse con las formas siguientes:

- No canalizadas.
- Canalizada con lágrima en el camino secundario.
- Canalizada con carril central para espera y giro izquierdo.
- Carril de giro semidirecto (en intersecciones en T) o rotondas partidas (en intersecciones en cruz).

Los tres primeros indican un orden de calidad de menor a mayor en la resolución del giro. La resolución con carriles tipo semidirecto sólo son admisibles en caminos de bajo tránsito.

La disposición de carriles centrales para espera y giro es recomendable en caminos con tránsito importante. Tienen las siguientes ventajas:

- Permiten desacelerar fuera de los carriles de tránsito rápido (pasante)
- Brindan un área especial de espera para los giros, facilitando además la semaforización de la intersección.
- Los conductores que giran solo deben prestar atención a la corriente vehicular principal de sentido contrario.

El proyecto inicial de nuestro trabajo, pretendía resolver el problema de la intersección a partir de un distribuidor sobre nivel, Tipo Trompeta. Una vez iniciado el estudio de la normativa y el diseño de dicho proyecto, se determinó que la envergadura de la propuesta inicial, no era factible ni adecuada por las condiciones de diseño, sumado a la elevada e innecesaria inversión económica, entendiéndose que una de las principales capacidades a desarrollar como futuros profesionales de la materia, es garantizar la mejor solución con el menor gasto y mayor seguridad posible.

Por lo anteriormente expuesto y debido a la Normativa vigente en Vialidad Nacional, es que se concluyó que la solución óptima para resolver la intersección, tanto económica como desde el punto de vista de la seguridad al usuario, es proyectar una rotonda o una intersección canalizada; se cree conveniente la opción de la rotonda, para, de esta manera, disminuir la probabilidad de accidentes que podría generar el incorrecto estudio y propuesta de la intersección, ya que se tuvo en cuenta un crecimiento poblacional, un porcentaje elevado de tránsito pesado, los movimientos de giro, en gran cantidad se estiman que serán a la izquierda, y principalmente se reducirá el número de puntos de conflicto.

IV. -DISTANCIA VISUAL EN INTERSECCIONES

La distancia visual es uno de los elementos esenciales en la seguridad de un camino y su provisión posibilita una operación eficiente. En este apartado señalaremos las medidas de diseño consideradas para que la intersección del proyecto ofrezca, en todos sus puntos, suficiente visibilidad como para permitir a un conductor realizar las maniobras necesarias para cruzar con seguridad y con el mínimo de interferencias.

Para ello se asume como condición que los conductores se aproximan a dicha intersección a una velocidad compatible con la Velocidad directriz del camino por el cual circulan.

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

Aunque la provisión de adecuada visibilidad y de apropiados sistemas de control puede reducir significativamente la probabilidad de accidentes en intersecciones, la ocurrencia de éstos dependerá del juicio, habilidades y respuestas de los conductores por separado. En todo punto de un camino el conductor debe tener visión plena, en el sentido de su marcha, en una longitud por lo menos igual a la Distancia de Detención.

La distancia visual en las intersecciones se provee para que los conductores perciban la presencia de vehículos potencialmente conflictivos. Esto debe ocurrir con tiempo suficiente como para que el conductor se detenga o ajuste su velocidad, y evite chocar en la intersección. Los métodos para determinar las distancias visuales necesarias por los conductores que se acercan a una intersección se basan en los mismos principios que la distancia visual de detención, DVD, pero incorpora suposiciones modificadas sobre la base del comportamiento observado de los conductores en las intersecciones.

El conductor de un vehículo que se acerca a una intersección debe tener una visión libre de ella, incluyendo los dispositivos de control de tránsito y longitudes suficientes a lo largo del camino que se interseca, para anticipar y evitar potenciales choques. La distancia visual también se provee en las intersecciones para permitir a los conductores de los vehículos detenidos (por efecto de un cartel de PARE), una vista suficiente del camino que se interseca para decidir cuándo entrar en ella o cruzarla.

V. -VEHICULO DE DISEÑO

Las características físicas de los vehículos y la composición del tránsito son factores que controlan el diseño geométrico. Es necesario examinar todos los tipos de vehículos, agruparlos, y determinar vehículos representativos en cada clase, para su uso en el diseño. Los vehículos tipo corresponden al que tiene mayores dimensiones y mayores radios de giro mínimo que los similares de su clase. La norma ASHTOO 2004 considera los siguientes tipos:

- SU: camión de unidad única
- CITY-BUS: autobús urbano
- INTERCITY-BUS (BUS-14): autobús interurbano

- WB-12: semirremolque mediano
- WB-15: semirremolque grande (*)
- WB-19: semirremolque especial (transporte de automóviles)

Se consideró como vehículo de diseño el WB-15, que representa adecuadamente al semirremolque de 18,6 m de longitud total, el máximo permitido por la Ley 24.449, Ley Nacional de Tránsito.

V.1. - MINIMA TRAYECTORIA DE GIRO DEL VEHICULO DE DISEÑO

Las dimensiones principales que afectan el diseño son el radio mínimo de giro, el ancho de huella, la distancia entre ejes, y la trayectoria del neumático interior trasero. Los límites de las trayectorias de giro de los vehículos de diseño al realizar los giros más cerrados, están establecidos por la traza de la saliente frontal y la trayectoria de la rueda interior trasera. Este giro supone que la rueda frontal exterior sigue un arco circular, definiendo el radio de giro mínimo según es determinado por el mecanismo de manejo del vehículo.

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

De acuerdo a lo expresado anteriormente, nuestro vehículo de diseño tendrá las siguientes trayectorias mínimas:

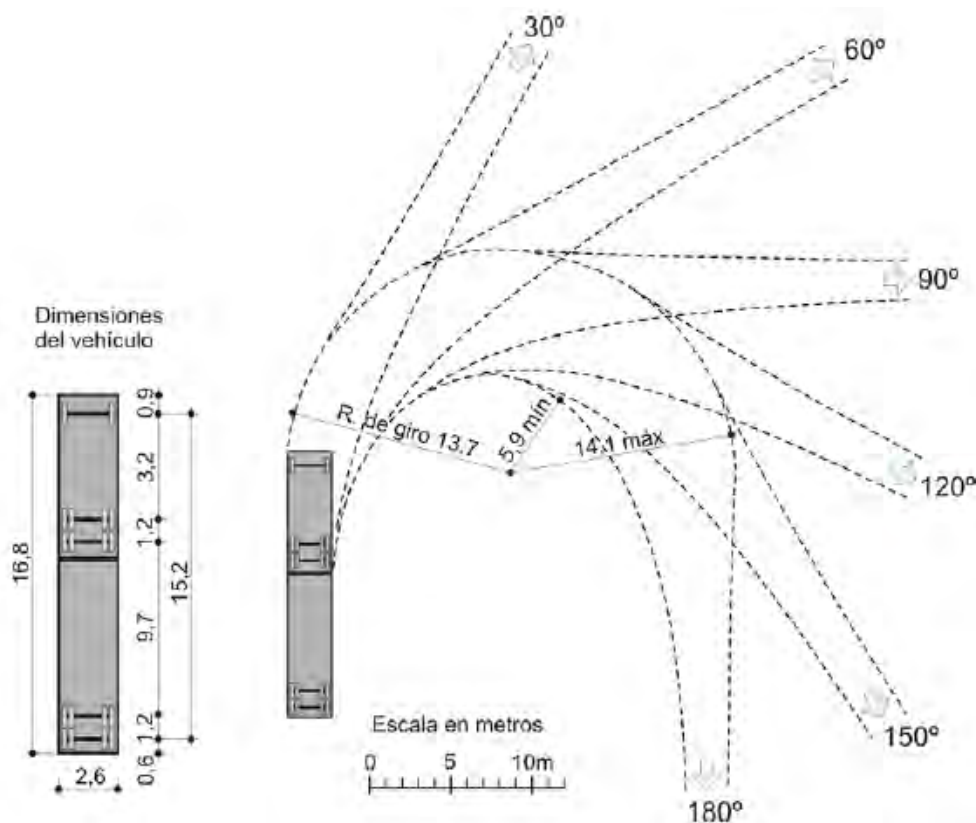


Imagen 12: Mínima trayectoria para vehículo de diseño WB-15

Las trayectorias mínimas fueron verificadas mediante un el módulo del software de Autocad Civil 3D, *Vehicle Tracking*, en las Láminas *Verificación de Trayectorias* se pueden ver algunas de las tantas posibilidades de trayectorias y sus correspondientes trazos, verificando por ejemplo que un camión de diseño al circular sobre la rotonda, la trayectoria del neumático trasero no circula por fuera de la traza.

VI. -ROTONDAS MODERNAS

Las rotondas modernas son una forma altamente refinada de intersección circular, con diseño y características específicas de control de tránsito. Estas características incluyen el control de Ceda el Paso al tránsito entrante, las aproximaciones canalizadas, las curvaturas geométricas restrictivas y los anchos de calzada. Se proyectó la rotonda con el objeto de controlar la velocidad de viaje, facilitar el intercambio eficaz de los flujos de tránsito, y reducir al mínimo el número y gravedad de los choques.

En términos generales, cualquier intersección urbana o rural que cumpla los criterios para un control del tránsito más allá de una simple condición de PARE califica para evaluarla como una rotonda moderna. Por lo tanto, en cualquier proceso de planeamiento para mejorar una intersección semaforizada o con control PARE en los cuatro sentidos, el examen de una rotonda moderna también debe recibir una seria consideración.

La curvatura de entrada de la rotonda limita la velocidad a la que los conductores pueden entrar en la calzada de circulación. Por el contrario, una rotonda mal diseñada con poca curvatura de entrada o ángulo de desviación pequeño resulta en altas velocidades a través de la rotonda, creando altas velocidades potenciales relativas entre los vehículos. Las tasas de accidentes de múltiples vehículos en tales rotondas mal diseñadas pueden ser mayores que en una intersección a nivel equivalente.

La Rotonda Moderna de nuestro proyecto constituye una forma de control de tránsito segura y eficiente con el fin de:

- Reducir las velocidades relativas de los vehículos conflictivos;
- Implicar requerimientos simples y claros para la toma de decisiones de los conductores;
- Reducir los conflictos a sólo 8 conflictos vehículo/vehículo;
- Imponer dos estorbos deliberadamente diseñados a los conductores que entran en ella; uno reglamentario: ceder el paso, y/o otro geométrico: deflexión de la entrada y trayectoria.

La ideología básica del diseño de la Rotonda fue 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.

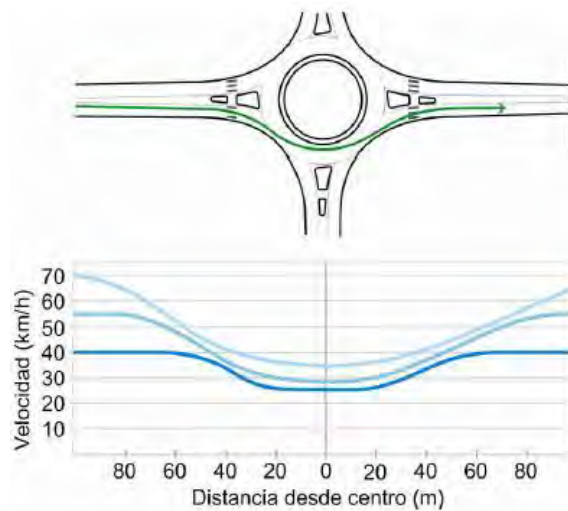
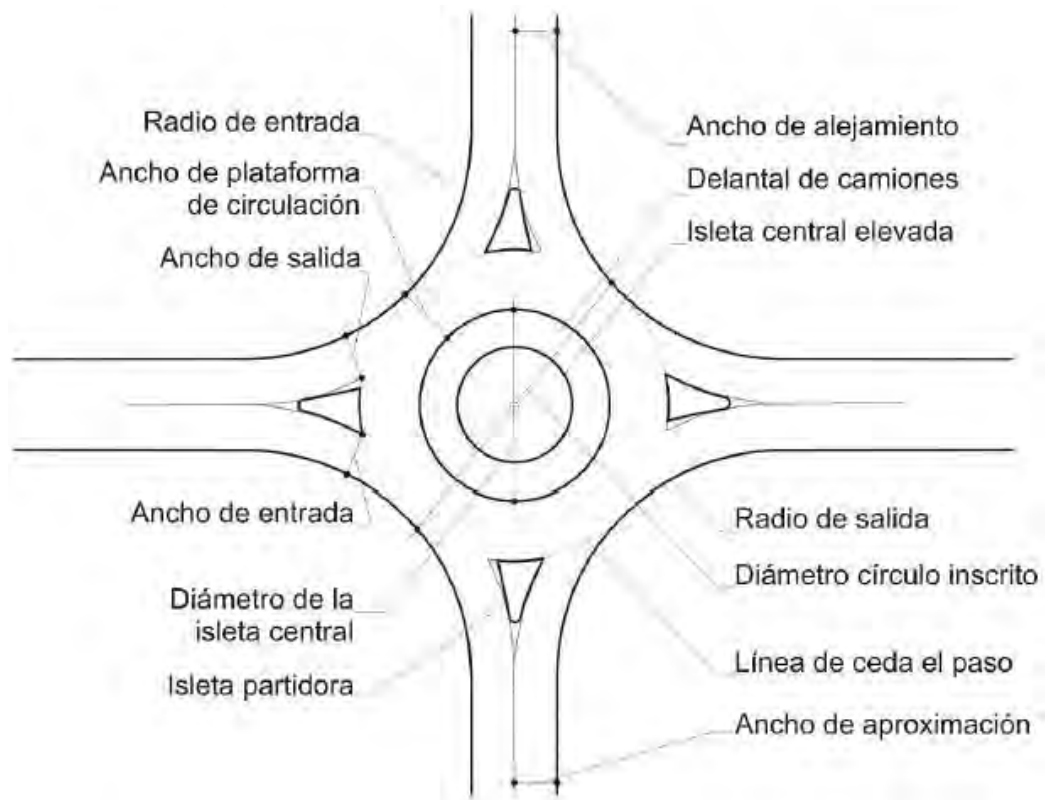


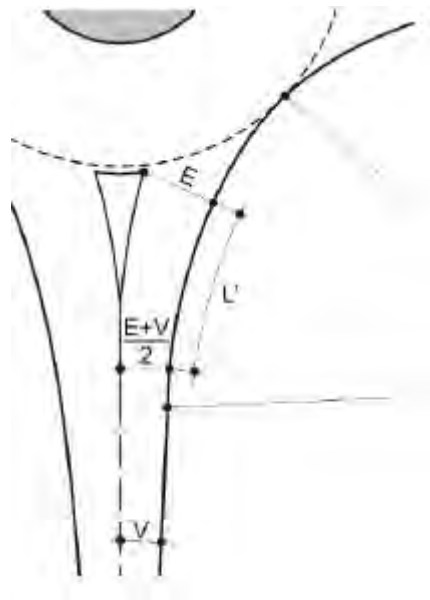
Imagen 13: Muestra teórica de perfil de velocidad

VI.1. - ELEMENTOS DE UNA ROTONDA

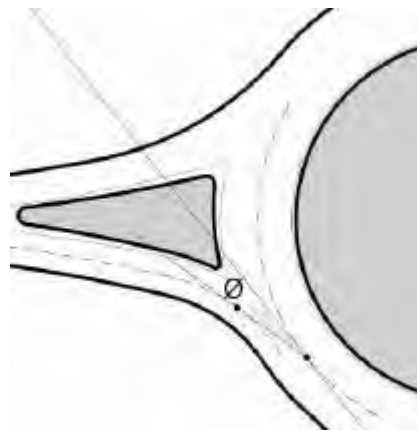
Los parámetros y elementos básicos que fueron tenidos en cuenta en el proyecto de la Ronda se describen brevemente a continuación:



- 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; adoptando para nuestro proyecto, una isleta de radio de 15.00m.
- 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; en nuestro caso, no se consideró el tipo de isleta partida, debido a que no se prevé el refugio de peatones por tratarse de una zona altamente rural.
- Plataforma de circulación, Anillo o Calzada anular: Plataforma curvada de un sentido usada por los vehículos para viajar en sentido antihorario alrededor de la isleta central. En este caso, se consideró un ancho de carril de 7.00 m, con un solo carril de sentido antihorario, a pesar de que, por el ancho adoptado, se podría admitir la circulación de dos vehículos en simultaneo.
- 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. Se diseñó con 3.00 m de ancho con cordones montables que permitan que vehículos de cargas especiales puedan circular de manera segura. Más allá de que se verificó que el vehículo de diseño (WB-15) no circula por el delantal, puede ocurrir que vehículos de longitudes mayores transiten por la zona.
- 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. Ver *Lámina SRR-001 Señalamiento de Rotonda*.
- 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.
- 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.
- 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: 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. El ángulo de entrada \emptyset 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° . 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 lo cual se consideró como óptimo un ángulo igual a 30 grados. Este ángulo es importante para la capacidad y la seguridad de las rotondas.

VI.2. - DISEÑO GEOMÉTRICO

El proceso de diseño de la rotonda es esencialmente iterativo; se realizaron pequeños ajustes en los atributos geométricos para lograr tener significativos efectos operacionales y de seguridad.

En la *Tabla 7: Diámetros típicos de círculos inscritos y volúmenes de tránsito diario* se describe estos valores, que son de manera general. Para nuestro proyecto se optó por trabajar con un diámetro de 50 mt.

Tabla 7: Diámetros típicos de círculos inscritos y volúmenes de tránsito diario

Tipo de rotonda	Diámetro típico de círculo inscrito (m)	Volumen 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

VI.2.a. -Isleta central

Las cuestiones básicas tenidas en cuenta en el diseño de esta rotonda son: forma, tamaño, delantal y acondicionamiento.

- Forma. Se consideró una isleta de forma circular.
- Tamaño. En función de la tabla anteriormente mencionada, se consideró un radio de 15.00 m. con el objetivo de conseguir una geometría segura de las entradas y evitar los excesos de velocidad por trayectorias tangenciales.
- Delantal. Descripto anteriormente.
- Acondicionamiento. La parquización de la isleta central puede mejorar la seguridad al realzar la intersección e inducir a la reducción de las velocidades. Las plantas deben seleccionarse de modo que las distancias visuales indicadas en el apartado anterior se mantengan, considerando también el futuro mantenimiento. Deben evitarse los árboles grandes en zonas vulnerables a la salida de los vehículos fuera de la calzada.

VI.2.b. -Ancho de la plataforma circulatoria

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. Aplicando esta regla practica garantizamos la capacidad y seguridad de circulación en el anillo, con lo cual resultó un ancho de 6.00m. Debido al tránsito pesado se consideró un ancho óptimo de 7.00m.

VI.2.c. -Ramal de entrada

Para conseguir condiciones de seguridad y capacidad, la geometría de las entradas es la característica más importante de una rotonda moderna:

- La mayoría de los accidentes se producen por pérdidas de control en las entradas; en general como consecuencia de un exceso de velocidad.
- En las fórmulas de capacidad el ancho y otras características de éstas inciden notablemente.

Las funciones principales de la geometría de una entrada son:

- Conseguir una reducción adecuada de la velocidad de aproximación mediante curvaturas crecientes en el ramal de entrada;
- Permitirles a los conductores una correcta percepción de la intersección y orientarlos hacia la plataforma circulatoria en un ángulo \emptyset que garantice la mayor seguridad de la maniobra de entrada.
- Isletas partidoras. Canalizan la entrada, advierten al conductor de la proximidad de una intersección, aseguran una mínima distancia de separación entre la salida y la entrada de un mismo ramal y sirven de soporte a la señalización vertical.

La *Imagen 14: Resumen de la geometría recomendada para RM (1 carril)* muestra los valores para una rotonda moderna de un carril recomendadas por la Dirección Nacional de Vialidad.

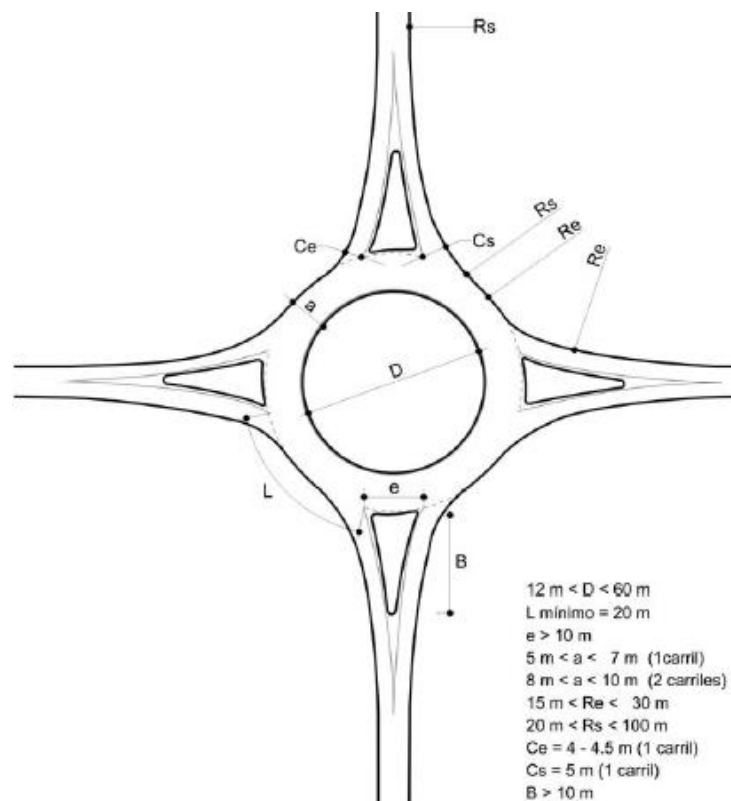


Imagen 14: Resumen de la geometría recomendada para RM (1 carril)

VI.3. - SEÑALAMIENTO

Las señales del proyecto responden a las normas nacionales, y se adecuan a la Ley Nacional de Tránsito- Anexo L Ley N° 24449.

El sistema de señalización vial uniforme, comprende la descripción, significado y ubicación de los dispositivos de seguridad y control del tránsito, y la consecuente reglamentación de las especificaciones técnicas y normalización de materiales y tecnologías de construcción y colocación y demás elementos que hacen a la calidad y seguridad de la circulación vial.

Dicho señalamiento brinda información a través de una forma convenida y unívoca de comunicación, destinada a transmitir al usuario, advertencias, indicaciones u orientaciones, mediante un lenguaje que debe ser común en todo el país, según los principios internacionales.

En la siguiente imagen, se ilustran, a modo de ejemplo, los principales esquemas de señalamiento utilizados, cabe aclarar que la imagen no es representativa de nuestro proyecto, debido a que el proyecto no cuenta con una zona peatonal, por ser zona rural:

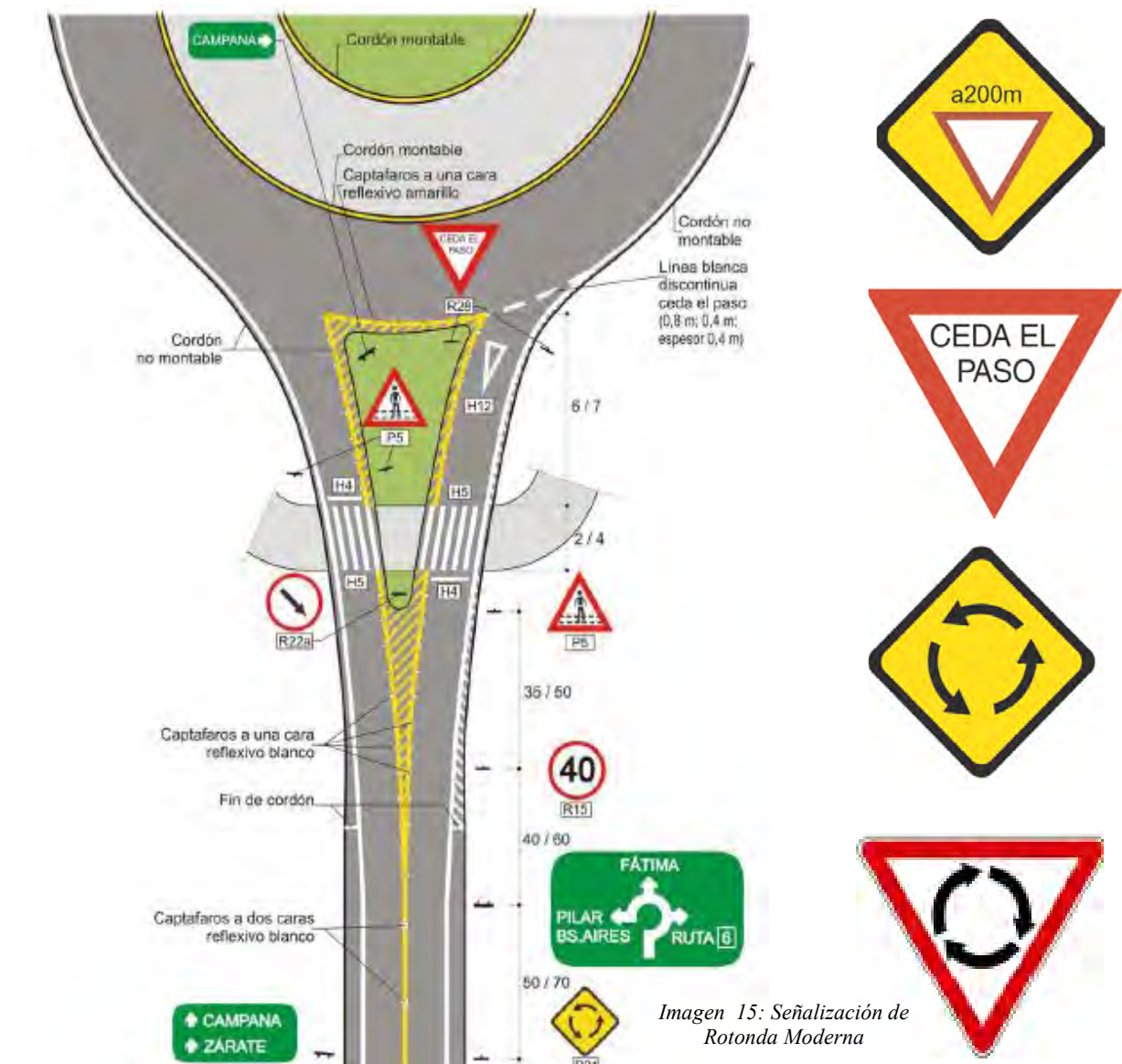


Imagen 15: Señalización de Rotonda Moderna

VI.4. - ILUMINACIÓN

Normalmente las RM deben iluminarse como un requerimiento de seguridad esencial según las normas y especificaciones. Los postes deben ubicarse para iluminar especialmente las zonas de conflicto.



Imagen 16: Iluminación con postes laterales

Para que una rotonda funcione satisfactoriamente, un conductor debe ser capaz de entrar en ella, trasladarse a través del tránsito que circula, y separarse de la corriente circulatoria en una forma segura y eficiente. Para completar esto, un conductor debe ser capaz de percibir a tiempo el trazado y operación general de la intersección para hacer las maniobras apropiadas. Por lo tanto, debe proveerse iluminación adecuada en todas las rotondas.

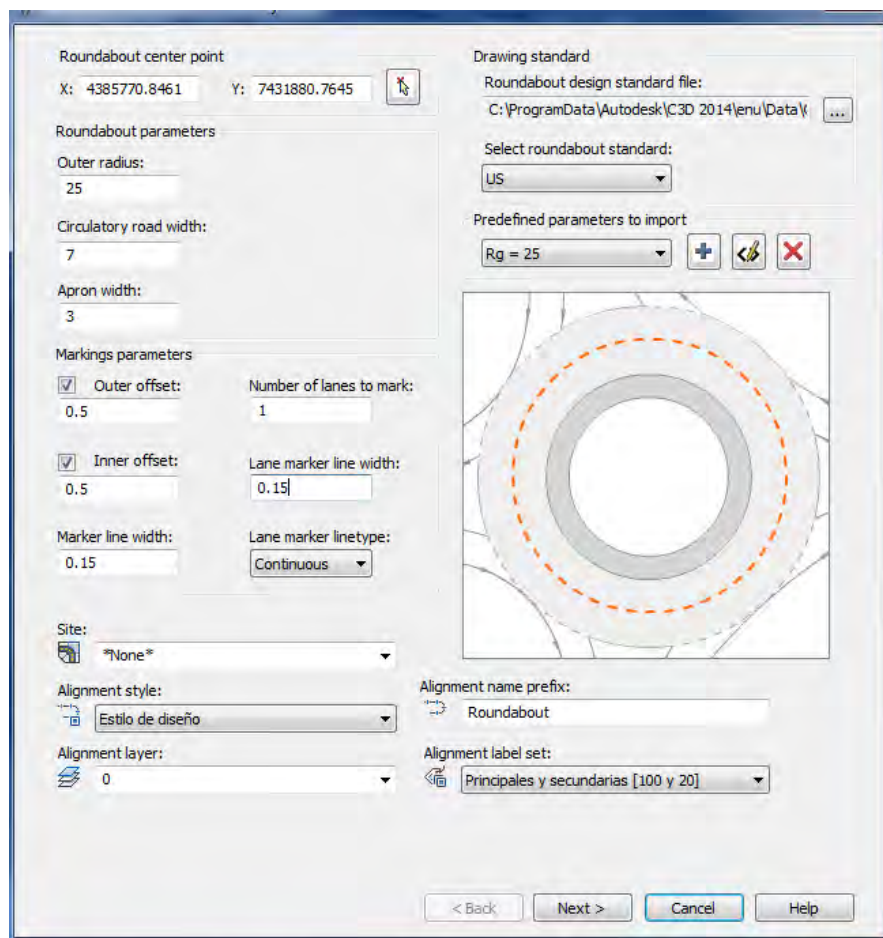
El objetivo primario de la iluminación es asegurar la percepción de la aproximación y la mutua visibilidad entre las varias categorías de usuarios. Para lograr esto, se recomiendan las características siguientes:

- La iluminación general de la rotonda debe ser aproximadamente igual a la suma de los niveles de iluminación de las calzadas que se intersectan.
- Debe proveerse buena iluminación en la nariz de aproximación de las isletas partidoras, en todas las áreas conflictivas donde el tránsito entra en la corriente circulatoria, y en los lugares donde las corrientes de tránsito se separan para salir de la rotonda.
- Es preferible iluminar la rotonda desde el exterior hacia el centro. Esto mejora la visibilidad de la isleta central y de los vehículos que circulan y de los que se aproximan a la rotonda. La iluminación a nivel de piso en la isleta central que brilla hacia arriba, hacia objetos en la isleta central, puede mejorar su visibilidad.

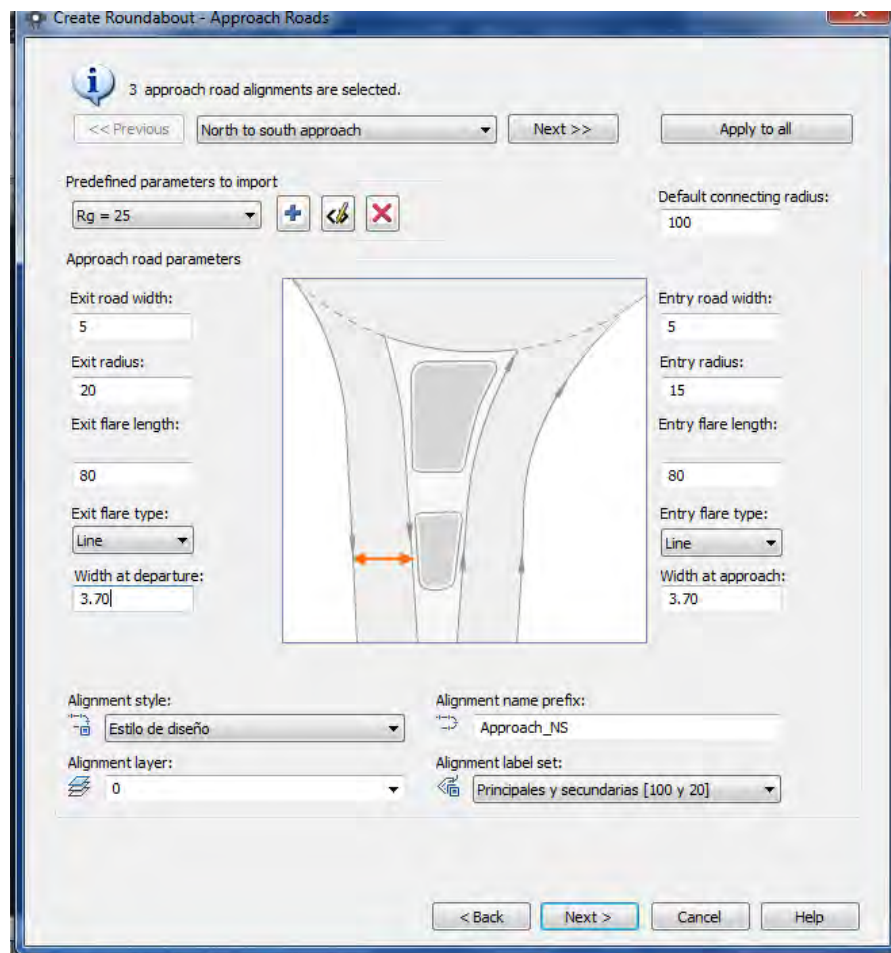
VII. -ROTONDA DE PROYECTO

En función de todas estas recomendaciones de la Normativa es que se adoptaron los siguientes valores para el diseño geométrico de nuestro trabajo y para poder materializar los planos se trabajó con el software AutoCAD Civil 3D:

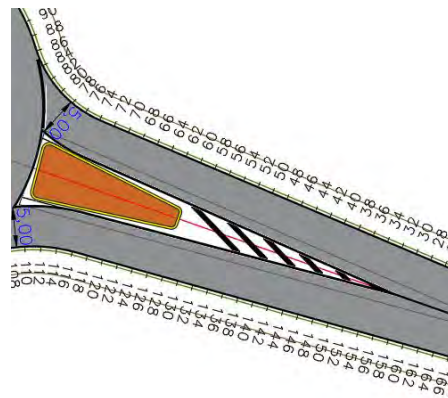
Cabe aclarar que se proyectó una rotonda moderna de un carril. Se adoptó un diámetro inscrito de 50 metros para la rotonda, de la cual se dedujo una calzada de 7 metros. Además de considerar un delantal con un cordón montable de 3 metros, el cual permitiría a los camiones semirremolque de gran longitud, si fuese necesario, poder circular sobre una sobrehuella pavimentada.

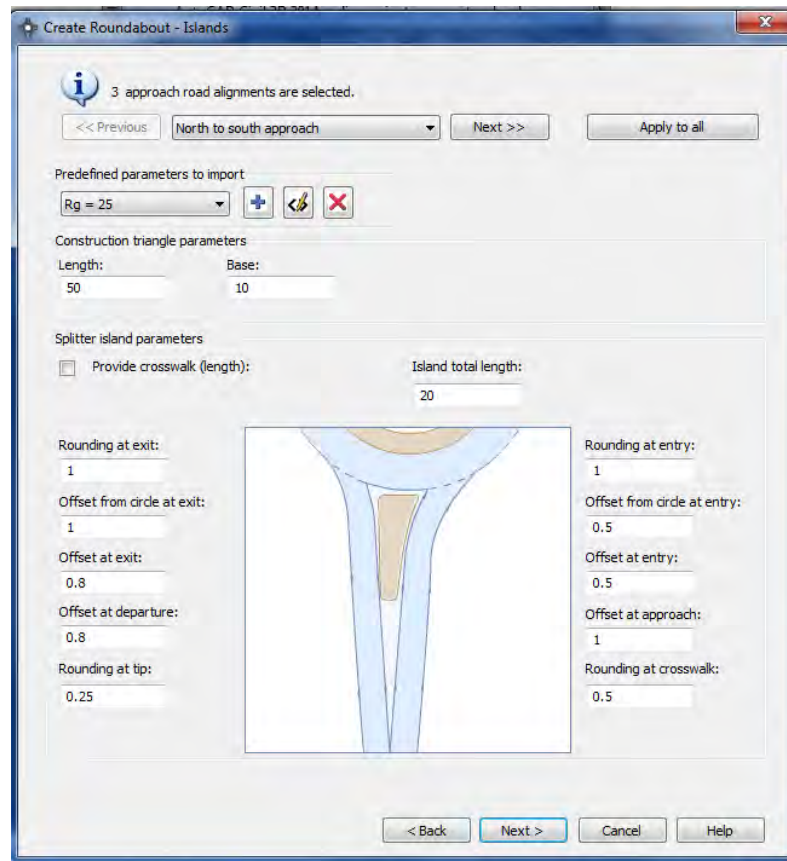


Para el desarrollo de las ramas tanto de entrada como de salida, se consideró un ancho de 5 metros, permitiendo un buen ancho de circulación y al mismo tiempo evitar que por este carril puedan sobrepasarse y desplazarse dos vehículos, a su vez los radios de entrada y salida son de 15 y 20 metros respectivamente. Se proyectó que debido al ensanchamiento que debe sufrir cada carril para pasar, por ejemplo, en nuestro proyecto de 3,70 a 5 metros, este ensanchamiento se produciría paulatinamente en una longitud de 80 metros.



En cuanto a las isletas, en primer lugar, se diseñaron para una zona rural, es decir que no se consideró el cruce peatonal, por lo que las isletas no se encuentran divididas, cuentan con una longitud de 20 metros, y los parámetros del triángulo de construcción (separación de carriles) son de 50 metros de longitud y 20 metros de base.



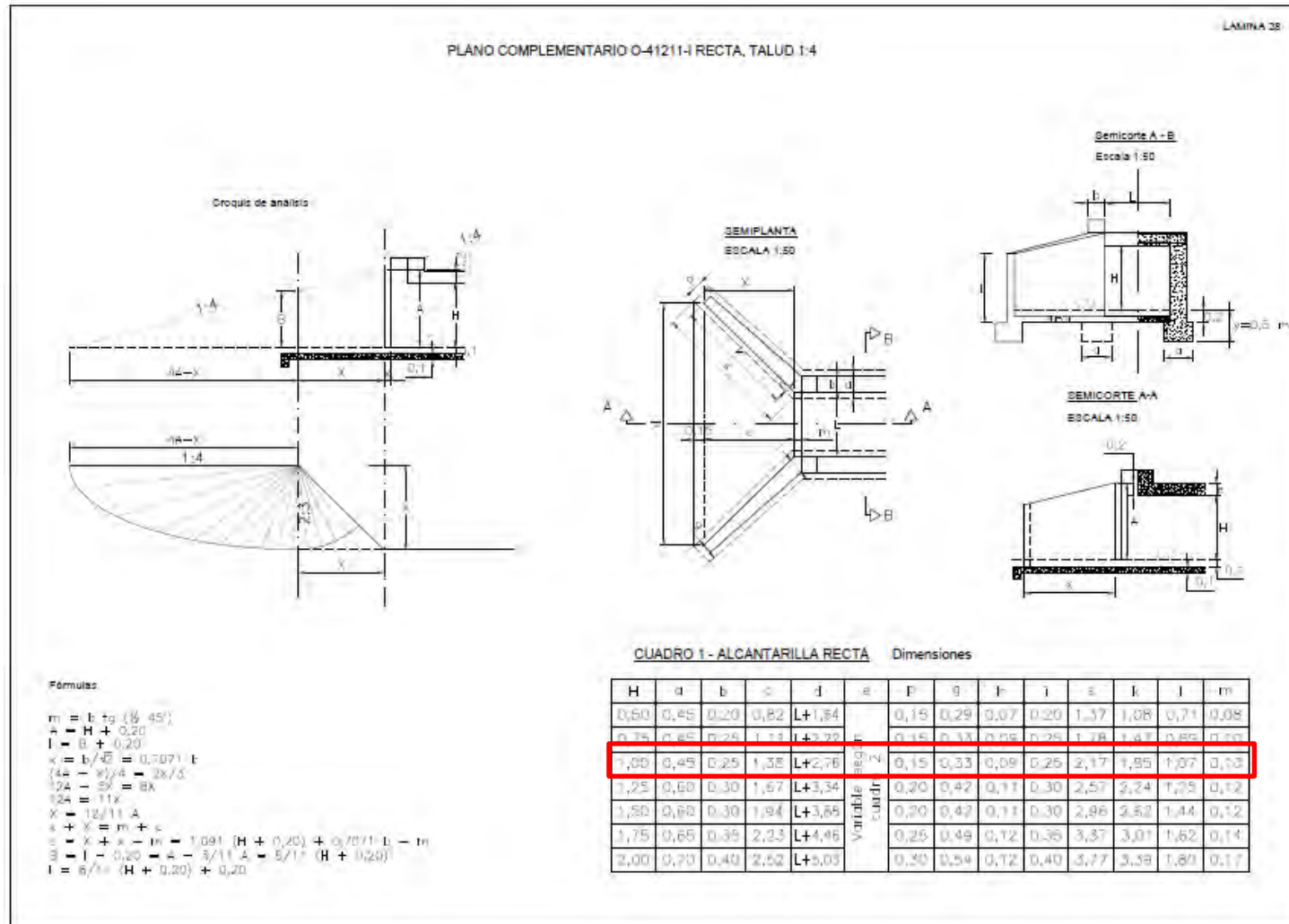


El diseño y proyecto de la rotonda se adjunta en los planos, en los que se encuentran:

- Planimetría general y drenaje.
- Plano de replanteo.
- Iluminación.
- Perfiles transversales.
- Plano de juntas.

VII.1. - PLANIMETRIA GENERAL

En la planimetría general, no solo se podrá observar el diseño de nuestra rotonda sobre una imagen satelital de la zona, sino también las curvas de nivel de nuestra superficie, y así poder representar también la dirección del escurrimiento en todas las ramas del proyecto, de acuerdo a esto se estima necesario la construcción de una alcantarilla recta tipo O-41211 de 1 metro de altura. En cuanto al diseño geométrico de la rotonda se optó por desplazar los ejes de las ramas Note- Sur con respecto al actual eje de la RN N° 34, con el fin de que los usuarios que transiten por ella reduzcan la velocidad al momento de ingresar a la rotonda.



VII.2. - PLANO DE REPLANTEO

En este plano se puede observar el detalle acotado del diseño geométrico del proyecto, asimismo se decidió que lo más conveniente y eficiente para el replanteo in situ de la rotonda es la marcación de los puntos en planialtimetría cada 10 metros.

VII.3. - PLANO DE SEÑALIZACION HORIZONTAL Y VERTICAL

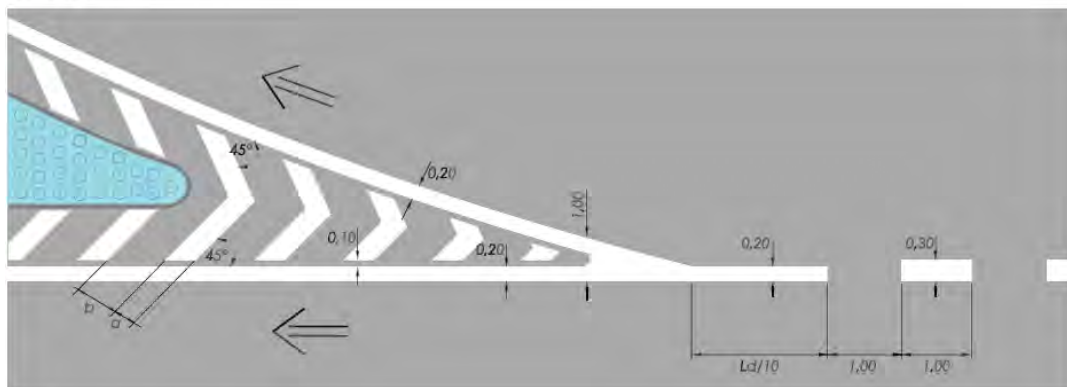
Para el proyecto de señalización vertical ver Lámina N° 3 de proyecto de rotonda, respecto a la señalización horizontal se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones.

ANCHO DE LAS LÍNEAS LONGITUDINALES		
ANCHO TOTAL DE CALZADA	BORDE	EJE
En carreteras de dos carriles indivisos		
< 4,80 m	No se marcan ^[7]	No se marca
≥ 4,80 m Y < 6,00 m	No se marcan	0,15 m ^[8]
≥ 6,00 m Y < 6,30 m	0,10 m	0,15 m ^[8]
≥ 6,30 m Y < 6,70 m	0,10 m	0,10 m ^[9]
≥ 6,70 m Y < 7,30 m	0,15 m	0,10 m ^[9]
≥ 7,30 m	0,15 m	0,15 m ^[10]

Marcación de isletas, ramas de entrada y salida.

$$a = \text{de } 0,30 \text{ hasta } 0,50$$

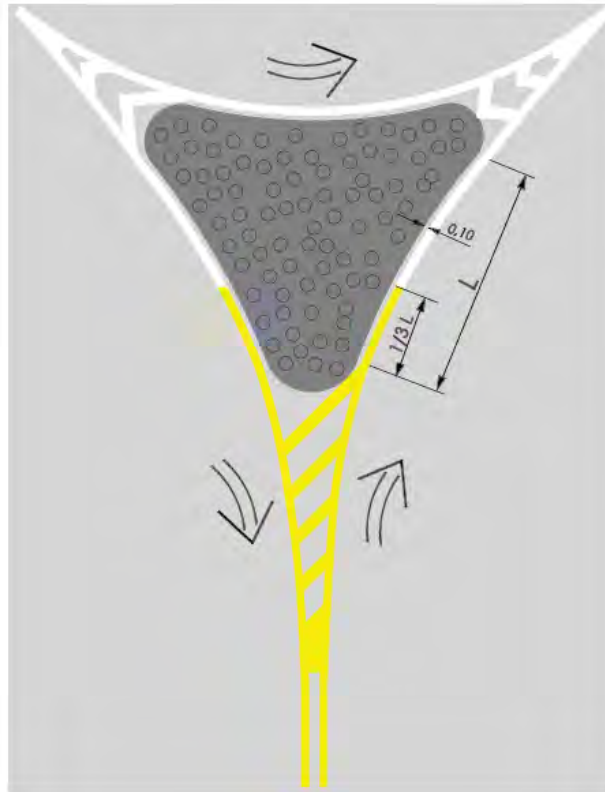
$$b = 2 \times a$$



Nota:

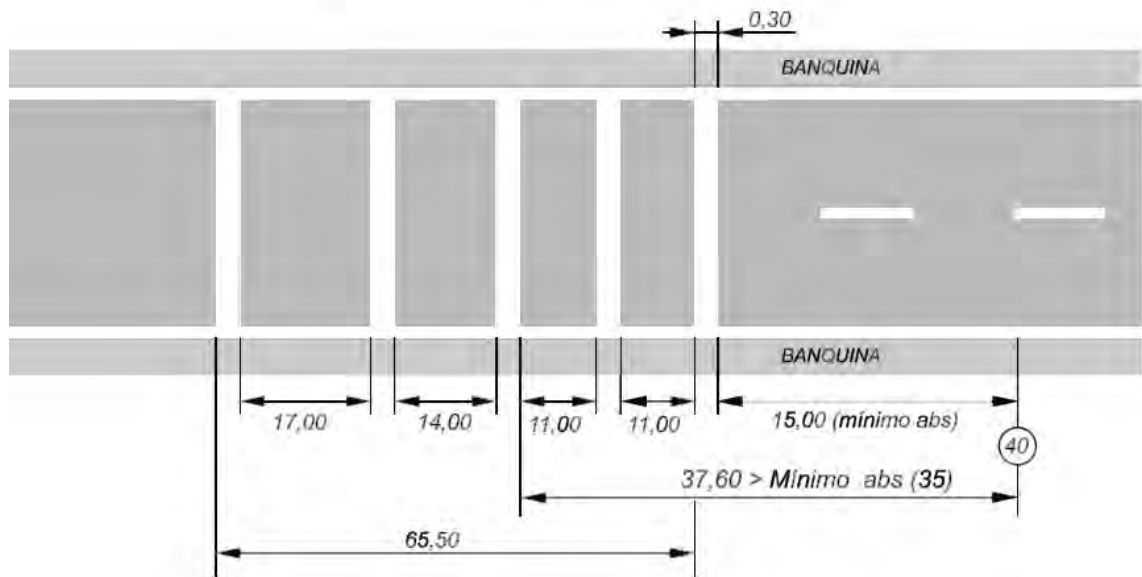
⇒ Sentido de Circulación

Ld = Longitud del carril de Desaceleración



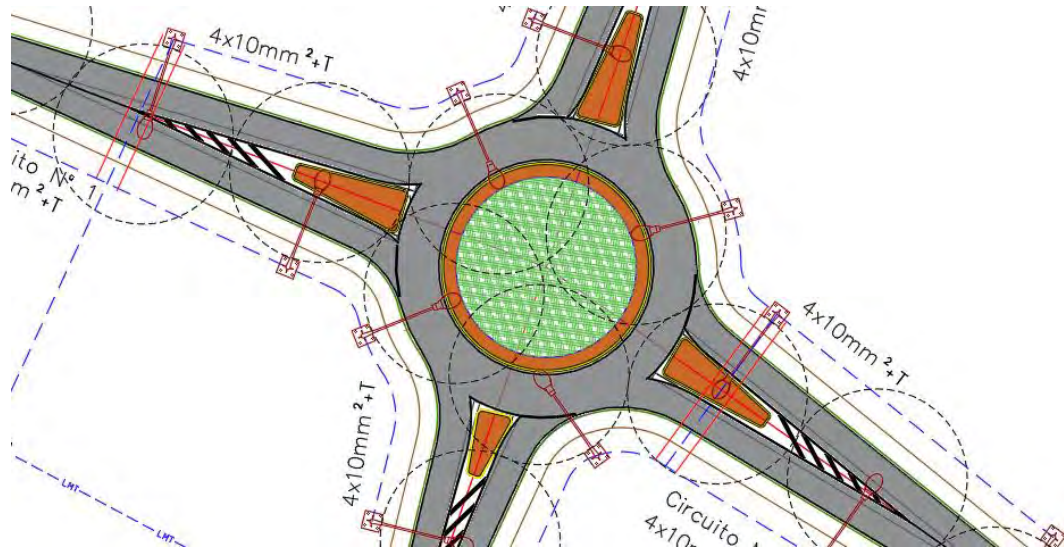
En los tramos rectos de las ramas se colocarán bandas de reducción de velocidad en proximidad a la rotonda.

Distribución de Línea auxiliar de Reducción de Velocidad LRV



VII.4. - PLANO DE ILUMINACION

Para la ubicación de cada poste de iluminación, se consideró que cada haz de luz inscribe sobre la calzada un círculo de diámetro de 30 metros, además sobre los tramos rectos de las ramas se ubicaron a tres bolillos, siendo el más importante el poste de luz sobre la línea de cada el paso en la rama de entrada. Ver Lámina 4 para mayores detalles.



VII.5. - PERFILES TRANSVERSALES

Se consideraron cuatro cortes tipos, que se detallan en Lámina 5:

- Corte isleta central.
- Calzada RN N° 34.
- Calzada Proyecto Embarcación- Oran.
- Corte en isletas partidoras.

VII.6. - PLANO DE JUNTAS DE LOSAS- PAVIMENTO RIGIDO

El buen desempeño de los pavimentos rígidos depende en gran medida, del correcto funcionamiento de las juntas. Muchas de las fallas que se manifiestan (escalonamiento, bombo, figuración, astillamientos y levantamientos de losas) se encuentran vinculadas a las juntas del pavimento.

Las juntas se diseñaron con el objeto de controlar y mantener la calidad y capacidad estructural de un pavimento con bajos costos de conservación.

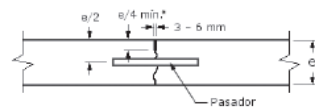
Las características del hormigón como material de construcción para pavimentos conducen a la inevitable formación de fisuras a temprana edad, en la fase de hormigón endurecido. El origen de estas fisuras se da por los siguientes motivos:

- Las contracciones y expansiones generadas por los cambios de temperatura.
- Los gradientes de temperatura y humedad que generan tensiones de alabeo.
- Contracción por secado de hormigón
- Contracción autógena durante la hidratación del cemento.

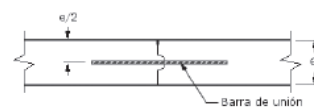
El diseño de juntas se efectuó considerando la exigencia en servicio, por lo cual se analizaron las dimensiones óptimas de las losas a fin de mantener acotadas las tensiones de alabeo durante el periodo de diseño. A edad temprana, si bien las tensiones que se desarrollan son inferiores a las previstas en servicio, se debe controlar su desarrollo dado que el hormigón aun cuenta con poca resistencia y, en particular, a la tracción.

Las juntas se caracterizan en función a la orientación del eje del camino y luego por la función que cumplen en la estructura. Se clasifican según:

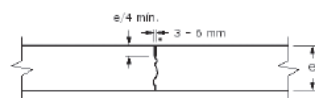
- Juntas transversales de contracción o longitudinales de articulación, controlan la formación de fisuras.
- Juntas transversales o longitudinales de construcción: con el fin de dividir dos zonas pavimentadas en distintos momentos.
- Juntas de dilatación: absorben movimientos relativos.



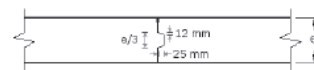
Tipo A-1
 JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN
 con pasadores



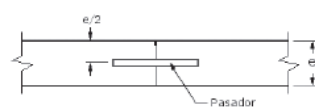
Tipo D-1
 JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN O ENSAMBLADA
 con barras de unión



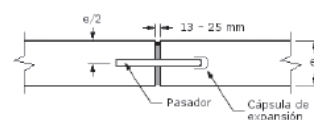
Tipo A-2
 JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN
 sin pasadores



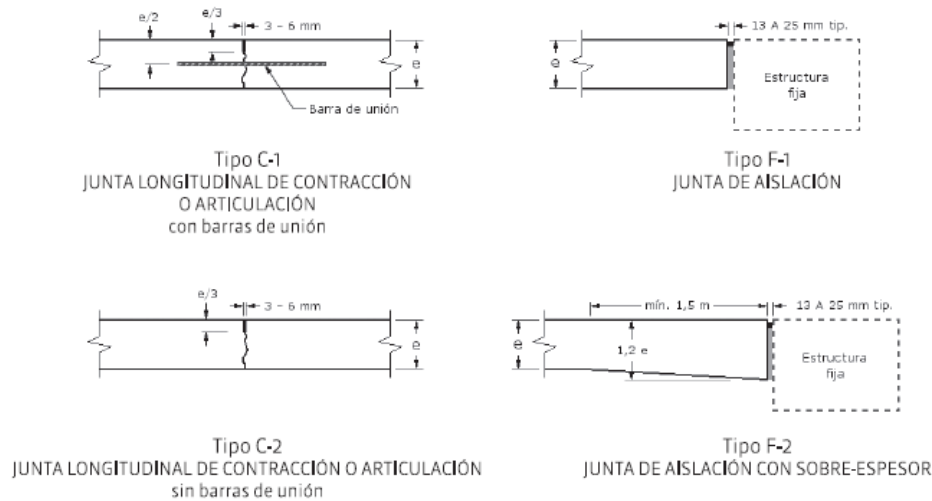
Tipo D-2
 JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN O ENSAMBLADA
 DE BORDES LIBRES
 sin barras de unión



Tipo B
 JUNTA TRANSVERSAL DE CONSTRUCCIÓN



Tipo E
 JUNTA TRANSVERSAL DE DILATACIÓN O EXPANSIÓN



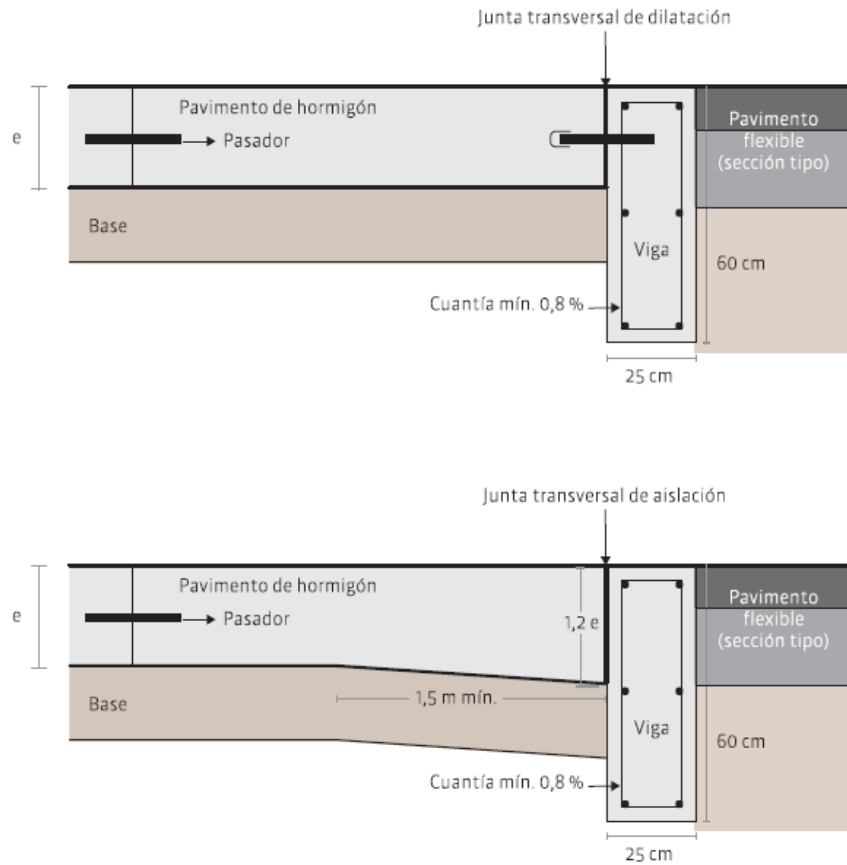
Para el proyecto de la rotonda es necesario un pavimento rígido. En *Lámina PJ-001 Juntas de Hormigón* detallamos las juntas que debemos ejecutar en la rotonda.

Cuando los pavimentos de hormigón se encuentran con una discontinuidad, como por ejemplo la alcantarilla, o bien un pavimento flexible, surge la necesidad de resolver una transición entre ambas secciones debido a la diferencia de rigidez. Estas forman parte de los detalles estructurales a tener en cuenta en el proyecto, y tienen el objetivo de proveer una transición suave entre secciones, para minimizar cualquier problema de desempeño, como asentamientos diferenciales, expansiones y demás movimientos relativos que puedan afectar al tránsito.

Existen dos problemas que pueden surgir en las intersecciones de un pavimento de hormigón y uno de concreto asfáltico:

- Posible generación de deterioros en la zona de empalmes, debido a un cambio de rigidez, que puede derivar en deformaciones sobre la superficie flexible y fallas en las losas de hormigón.
- Crecimiento de losas, fenómeno mediante el cual las losas migran hacia el pavimento flexible, empujando la estructura asfáltica, originando crestas o lomadas en la zona de empalme.

Para la solución de estos problemas se presentan distintas alternativas. Considerando el caso en el que se prevé un tránsito pesado continuo y frecuente, la solución consiste en ejecutar una viga de coronamiento o tabique en la zona de empalme, que sirve tanto de refuerzo estructural como de elemento de contención para el control del fenómeno de crecimiento de losas.



CAPITULO N° 9. – EXPROPIACIONES

I. -OBJETIVOS GENERALES

En el tramo evaluado en nuestro proyecto nos encontramos con terrenos privados a ambos márgenes de la traza actual, por lo que para poder ejecutar tanto la carretera como la intersección presentada en este trabajo se debería expropiar segmentos de dichas tierras.

Para ello se tuvo en cuenta en el tramo de ruta, un ancho de zona de camino de 100 metros, 50 a cada lado del eje propuesto, por lo que se deberá expropiar la zona necesaria. Y en cuanto al proyecto de la intersección, no solo se tuvo en cuenta la zona de trabajo, sino también se deberá expropiar el área necesaria y adecuada para el desarrollo del triángulo de visibilidad correspondiente.

I.1. - LEY NACIONAL DE EXPROPIACIÓN N° 21.499

Desarrollaremos el tema de manera conceptual, definiendo el procedimiento a llevar a cabo para realizar una expropiación mediante la Ley N° 21.499 Nacional de Expropiaciones.

La expropiación se define como la conducta desarrollada por la administración pública para privar a una persona de la titularidad de un bien a cambio de una indemnización. La misma se lleva a cabo bajo el pretexto del interés social o la utilidad pública.

La utilidad pública que debe servir de fundamento legal a la expropiación, comprende todos los casos en que se procure la satisfacción del bien común, sea éste de naturaleza material o espiritual.

Podrá actuar como expropiante el Estado Nacional, las entidades autárquicas nacionales y las empresas del Estado Nacional, en tanto estén expresamente facultadas para ello por sus respectivas leyes orgánicas o por leyes especiales.

Los particulares, sean personas de existencia visible o jurídicas, podrán actuar como expropiantes cuando estuvieren autorizados por la ley o por acto administrativo fundado en ley.

Pueden ser objeto de expropiación todos los bienes convenientes o necesarios para la satisfacción de la utilidad pública, cualquiera sea su naturaleza jurídica, pertenezcan al dominio público o al dominio privado, sean cosas o no.

La expropiación se referirá específicamente a bienes determinados. También podrá referirse genéricamente a los bienes que sean necesarios para la construcción de una obra o la ejecución de un plan o proyecto; en tal caso la declaración de utilidad pública se hará en base a informes técnicos referidos a planos descriptivos, análisis de costos u otros elementos que fundamentan los planes y programas a concretarse mediante la expropiación de los bienes de que se trate, debiendo surgir la directa vinculación o conexión de los bienes a expropiar con la obra, plan o proyecto a realizar.

En una expropiación no necesariamente es por el total del inmueble, recordemos que la misma se efectúa en base a un proyecto de obra aprobado, que previamente es estudiado por profesionales, es decir esta puede ser total o parcial.

Una vez aprobado el proyecto de la obra, declarada utilidad pública y delimitada la superficie de afectación se debe proceder a la tramitación tendiente a la liberación de la traza atendiendo a las siguientes pautas:

Confeccionar la carpeta, por cada catastro se deberá disponer de:

Plano de mensura para expropiación

Cédula parcelaria

Fotocopia de título de dominio

Fotocopia de documento de los propietarios

Constancia de No Inhibición para disponer de sus bienes

Tasación emitida por el Tribunal de Tasación de la Nación

Notificar a los propietarios, informando el monto de tasación y el plazo para manifestar su consentimiento para el avenimiento prescripto en la norma del Art. 13 de la Ley 21.499.

Convenio de Adquisición: confeccionar Convenio constatando el cumplimiento de todos los ítems mencionados en el punto 1, debiendo prestar especial atención a los datos personales de los propietarios, N° de plano de mensura y superficie afectada, valor del inmueble expropiado.

Se deberán suscribir seis (6) juegos de copias del Convenio y sus planos.

Aprobado el Convenio por el Administrador General, y puestos a disposición los fondos para el pago, vuelve el Expediente a esta Oficina.

Notificar a los propietarios la existencia de los fondos a su disposición

Indemnización, puede ser:

Por avenimiento: es un convenio de las partes, según los valores que estima correspondiente la Sala del Tribunal de Tasación, incrementado un 10 %.

Por juicio: se envía el expediente judicial al Tribunal a fin de dictaminar el monto, constituyendo un dictamen del tribunal, una vez llevado a juicio las partes pierden el beneficio del 10%.

Para el cobro de la indemnización, los propietarios deben presentar, sin excepción:

Certificado de libre deudas de Impuestos y tasas inmobiliarios emitidos por Rentas de la Municipalidad de Salta;

Certificado de libre deudas de servicios emitido por la Sociedad Prestadora Aguas de Salta S.A.;

(Ambos certificados de Libre Deuda deben emitirse a la fecha de cobro de la indemnización).

Certificado de No Inhibición para disponer de sus bienes.

Habiendo corroborado el cumplimiento de todos los requisitos mencionados, la Asesoría Legal del Distrito debe emitir un dictamen autorizando el efectivo pago de la indemnización.

Se giran las actuaciones a Contaduría para la confección del cheque y posterior cobro en el Banco Nación.

Se notifica a la Dirección General de Inmueble, solicitando la baja del inmueble, adjuntando:

Convenio de Adquisición de inmueble suscripto con el propietario.

Copia de Plano de Mensura

Copia de Cédula Parcelaria.

Certificado de Inhibición.

Certificado de Libre Deuda

Recibo de pago expedido por el Organismo.

Copia de Resolución aprobatoria del convenio de referencia.

Con la respuesta de la Dirección Provincial de Inmuebles se solicita la baja en Rentas de la Municipalidad de Salta y en la Sociedad Prestadora Aguas de Salta S.A

De forma aproximada y considerando un ancho de la zona de caminos de 100 metros, se estima que el área a expropiar es de 60,31 hectáreas. Ver plano Planimetría General PG-001.

CAPITULO N° 10. – ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL

I. -EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

La normativa provincial aplicable y vigente, la Ley N° 7.070 constituye la norma fundamental ambiental en la Provincia de Salta, la que se encuentra reglamentada por el Decreto N° 3097/00.

La Ley Provincial de protección del medio ambiente - Ley N° 7.070, tiene por objeto establecer las normas que deberán regir las relaciones entre los habitantes de la provincia de Salta y el medio ambiente en general, los ecosistemas, los recursos naturales, la biodiversidad, en particular la diversidad de ecosistemas, especies y genes, el patrimonio genético y los monumentos naturales, incluyendo los paisajes; a fin de asegurar y garantizar el desarrollo sustentable, la equidad intra e inter generacional y la conservación de la naturaleza; sin perjuicio de las materias que se rigen por leyes especiales.

En el Capítulo IV de esta Ley, se regula lo referido al **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL** que los proponentes públicos o privados, deberán preparar y presentar al organismo provincial a cargo de la correspondiente autorización, en la medida que genere o presente, al menos, uno de los siguientes efectos, características o circunstancias:

- a) Riesgo para la salud y la seguridad de la población.
- b) Efectos adversos significativos sobre la cantidad y la calidad de los recursos naturales renovables, incluidos la diversidad biológica, el suelo, el aire y el agua
- c) Proximidad del área de influencia de la iniciativa a asentamientos humanos, a áreas naturales protegidas y a áreas ecológicamente críticas.
- d) Relocalización de asentamientos humanos o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de poblaciones posiblemente afectadas por la iniciativa.
- e) Alteración significativa, en términos de magnitud geográfica y temporal, del valor paisajístico o turístico del área de influencia de la iniciativa.
- f) Alteración de monumentos y sitios de valor histórico, antropológico, arqueológico y, en general, considerados del patrimonio cultural de la Provincia y de la Nación.
- g) Cualquiera de las características o circunstancias precedentes en la medida que afecte a otra jurisdicción provincial, nacional y extranjeras.
- h) Toda actividad contenida en otras normativas vigentes o que por vía reglamentaria la Autoridad de Aplicación determine.

En el Capítulo VI se regula el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental y Social, estipulando en el artículo 62°, de las Disposiciones Comunes (reglamentario Art. 38 Ley 7.070) que “las personas públicas o privadas, responsables de proyectos, planes, programas u obras sujetos a Evaluación de Impacto Ambiental y Social, deberán contar, previo al comienzo de la ejecución de la obra y o acción de que se trate, con el correspondiente *CERTIFICADO* expedido por la Autoridad

Competente en la materia, que acredite el cumplimiento de los principios rectores para la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, establecidos en la Ley 7070”.

Define las etapas de avance de todo proyecto:

- a) Idea, prefactibilidad, factibilidad y diseño;
- b) Concreción, construcción o materialización;
- c) Operación de las obras o instalaciones;
- d) Post-clausura o post-desmantelamiento.

En cuanto a los profesionales que pueden llevar adelante estos estudios, el Art. 74: Reglamentario Art. 41 Ley N° 7.070, establece que: *“Las empresas que requieran los servicios de consultoría sobre Estudios de Impacto Ambiental y Social, deberán seleccionar del Registro de Consultores, bajo su responsabilidad y a su exclusivo criterio y cargo, al consultor individual o a la firma consultora que estimaren conveniente.”*

En la Sección II del presente Capítulo, se establecen las instancias en las que se deberá presentar el Estudio de Impacto Ambiental y Social, como también los contenidos mínimos (arts. 43, 44).

Los contenidos mínimos del Estudio de Impacto Ambiental y Social, serán los siguientes:

1. Objetivos y beneficios socio-económicos del Proyecto.
2. Descripción del Proyecto.

- a) Principales componentes. Dimensiones y localización.

Plano de obras. Edificios y obras principales y auxiliares. Otros componentes del proyecto, tales como instalaciones de almacenamiento, toma de agua, balneario, alcantarillas, forestación, espacios para estacionamiento y maniobras. Dimensiones de los componentes y del conjunto. Ubicación general y detallada, con distancia a elementos de referencia tales como rutas, canales, ríos, centros de población. Topografía de predio y modificaciones previstas en el Proyecto. Actividades conexas y complementarias al Proyecto, que pueden ser atraídas directa o indirectamente a la zona.

- b) Tecnología, proceso, insumos, productos, subproductos y desechos; tipos, cantidad, condiciones de almacenamiento temporario o permanente durante la operación del establecimiento, ya sea normal o excepcional. Descripción detallada de las diferentes etapas del proyecto y de los distintos insumos que se utilizarán en cada una de ellas. Incluye diagramas y explicaciones claras del proceso con sus equipos e instrumentos. Generación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de desechos. Reutilización de materiales. Emisiones y vertidos previstos.

- c) Protección Ambiental

Medidas de prevención. Controles previstos. Monitoreo. Procedimientos, organización e instrumentos proyectados con el fin de evitar contingencias ambientales, durante las diferentes etapas, incluyendo las actividades de transporte.

3. Descripción de la situación ambiental existente.

a) Componentes biofísicos

- Atmósfera: clima y microclima, temperatura, precipitaciones, viento, calidad del aire (contaminación por ruido, olor, sustancias, partículas).
- Agua: hidrología superficial y subterránea, calidad del agua. Los EsIAS, en referencia a las posibles afectaciones de las aguas subterráneas, deberán ser realizadas por especialistas en aguas subterráneas (hidrólogos) y contener como mínimo las siguientes precisiones:
 - Censo de perforaciones, pozos excavados y manantiales, mapas geológicos de superficie, mapas de profundidad del nivel freático, análisis físicoquímicos y bacteriológicos de muestras de agua, interpretados y comparados con los valores tolerables de las tablas de calidad de agua.
 - Suelo y subsuelo: edafología, hidrogeología, geología, estabilidad y permeabilidad, geomorfología.
- Flora y Fauna. Descripción de especies y animales. Estado actual y cobertura.

b) Componentes socio-económicos

- Indicadores sociales y demográficos.
- Actividad y usos del suelo del área de localización.
- Usos alternativos de recursos que se verían afectados por el proyecto.
- Recursos: potencial minero y zonas de extracción actual, estructura del territorio agropecuario, potencial y rendimiento, montes y bosques, potencial de caza y pesca, sitios de interés y patrimonio cultural y natural, paisajes, áreas protegidas.
- Infraestructura: redes, vías de comunicación y transporte, aeropuertos, estaciones terminales.
- Ordenamiento territorial: esquemas, planes y códigos urbanísticos relacionados directa o indirectamente con el proyecto, economía local y regional.
- Compatibilidad con otros proyectos preexistentes conforme a bases legales y administrativas.

4. Identificación, valoración e interpretación de los posibles impactos del proyecto sobre cada componente ambiental y sobre el conjunto (efectos combinados). Observación de efectos directos e indirectos, análisis tempo-espacial (duración y extensión de los efectos). Intensidad de los impactos. Identificación de las acciones cuyos efectos no son suficientemente conocidos en la actualidad.

5. Identificación, valoración e interpretación de posibles efectos del ambiente sobre la obra y/o acción proyectada.

6. Consideración de impactos negativos inevitables. Importancia y aceptabilidad de los mismos. Medidas de mitigación previstas. Consecuencias reversibles e irreversibles en caso de materializarse el proyecto.

7. Consideración de la situación ambiental futura, a mediano y largo plazo, con y sin la ejecución del proyecto. Plan de monitoreo para las diferentes etapas. Plan de acondicionamiento ambiental en la etapa de post-operación.

8. Proyectos alternativos u opcionales y fundamentación de su rechazo.

9. Informe sintético. Resumen de los estudios realizados y sus conclusiones.

10. Fuentes de información utilizada, estudios e investigaciones anexas, detalle pormenorizado de la normativa vigente y su adecuación a la misma.

Una vez satisfechos estos extremos, la Autoridad Competente extenderá el Certificado de Aptitud Ambiental, entendido como el único instrumento que habilita o autoriza la realización de tal proyecto y, según texto de la ley, “condición necesaria para que los organismos públicos habiliten la iniciativa correspondiente”.

Expresamente, establece que el incumplimiento de las condiciones establecidas por parte del organismo a cargo de la autorización de la iniciativa será causa suficiente de nulidad del acto administrativo de autorización correspondiente.

A los fines de obtener el Certificado de Aptitud Ambiental, se ha establecido dentro del procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental y Social, la realización de una audiencia pública dentro de los 10 días hábiles de emitido o recibido el dictamen referido precedentemente (artículo 49 L. N° 7070), en la que se pondrá disposición toda la información relativa a la misma, y agregada en el respectivo expediente administrativo.

Durante su transcurso se recibirán las observaciones que pueda formular cualquier persona física o jurídica, así como otros organismos públicos de la provincia que pudieran verse afectados por la iniciativa. Dichas observaciones deberán ser contestadas en el término de cinco días. Con anterioridad el organismo público competente – esta DNV- deberá librar oficios a otros que tuvieren incidencia en el proyecto, a sectores involucrados, al Consejo Provincial del Medio Ambiente, a las Municipalidades y otras jurisdicciones si correspondiere, requiriendo opinión y otorgando las vistas o consultas. En todos los casos es de notificación y vista obligatoria a la Autoridad de Aplicación de la Ley de Medio Ambiente, bajo pena de nulidad. Dicha vista deberá contener el dictamen y demás elementos de juicio necesarios.

Las opiniones, informaciones u objeciones a la iniciativa provenientes de las instancias de consulta no son vinculantes para el organismo público a cargo de la autorización de la misma. La desestimación de las opiniones u objeciones deberán ser debida y razonablemente fundamentadas por parte de la DNV (artículo 50° L. 7070).

Al respecto, las Audiencias Públicas son espacios institucionales de participación que permiten el intercambio de información, propuestas e inquietudes entre la DNV y los ciudadanos,

particularmente aquellos que puedan verse afectados de manera directa o indirecta por las obras que se prevé desarrollar.

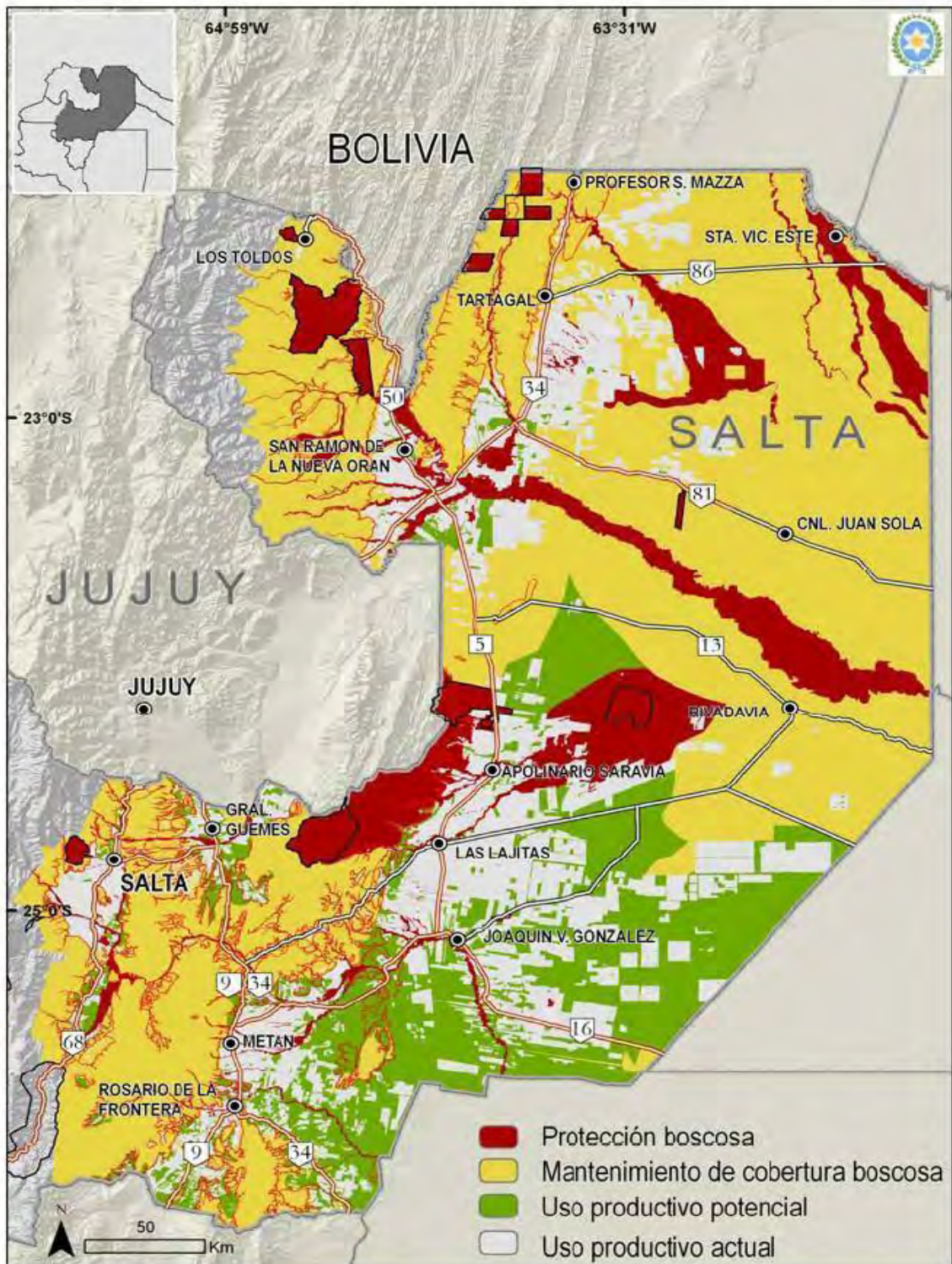
El objetivo de las Audiencias es informar a la población respecto de los proyectos que se están desarrollando y de los principales impactos que su implementación puede ocasionar en el medio ambiente. Si bien las audiencias públicas son no vinculantes, la intención es recoger aquellas inquietudes, propuestas e iniciativas de la población que puedan contribuir a optimizar los proyectos y lograr de esta manera una ejecución más eficiente de las obras.

II. -LEY 7543 – ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOSQUES NATIVOS DE LA PROVINCIA DE SALTA

Acorde a la ubicación geográfica, la obra se encuentra incluida en lo establecido por la Ley 7543 (Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Salta), en un área de conservación establecida como Categoría II. Esta categoría representa sectores de mediano valor de conservación, que pueden estar degradados pero que a juicio de la Autoridad de Aplicación con la implementación de actividades de restauración pueden tener un alto valor de conservación.

Conforme al Art. 20 de la Ley 7543, la realización de urbanizaciones, obras públicas o de infraestructura, prospecciones u obras energéticas o de vías de transporte, la instalación de líneas de comunicación o de transporte de energía en las zonas comprendidas en las Categorías I y II, que requieran cambio de uso de suelo, solo podrán autorizarse por la Autoridad Competente de aquellas, previa emisión de la Autoridad de Aplicación de esta Ley del Certificado de Aptitud Ambiental previsto en los artículos 48 y 49 de la Ley N° 7.070.

- Áreas con Categoría I (Rojo): sectores de muy alto valor de conservación y que no deben transformarse.
- Áreas con Categoría II (Amarillo): sectores de mediano valor de conservación que, dependiendo de sus condiciones naturales, podrán ser sometidos a los siguientes usos: aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica.
- Áreas con Categoría III (Verde): sectores de bajo valor de conservación, encontrándose incluidas las zonas con alta productividad agropecuaria, los que podrán transformarse parcialmente o en su totalidad, conforme los criterios y pautas de la Ley y de su reglamentación.



III. -DETERMINACIÓN DE POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES

Toda obra vial genera efectos ambientales sumamente complejos, desarrollados en el tiempo y en el espacio, tanto en la etapa de construcción como de operación. Las medidas de prevención, de mitigación y de compensación constituyen un instrumento para el proceso de toma de decisiones para lograr la máxima eficiencia y el mínimo costo funcional y ambiental del proyecto. El enfoque a priorizar en la formulación de dicho conjunto de medidas estará centrado en la prevención más que en el tratamiento ulterior de los problemas ya desencadenados, teniendo en cuenta la disminución de costos que implica la adopción de una oportuna medida que evite daños controlables, así como la minimización del riesgo de generar impactos irreversibles.

Para este trabajo se definirá el concepto de IMPACTO AMBIENTAL como la alteración que la ejecución de una acción del proyecto introduce sobre un dado componente del medio receptor, pudiendo resultar positivo o negativo.

Para la identificación de los efectos del proyecto sobre el medio y del medio sobre el proyecto, se debe seguir un procedimiento basado en el conocimiento y la definición de los siguientes aspectos:

- Conocer el proyecto.
- Conocer el medio en el que será implantado.
- Establecer las relaciones entre ambos.

El conocimiento del proyecto permite identificar claramente las acciones del mismo, definiendo los procesos y tecnologías que permitirán su ejecución, su magnitud y momento de realización.

El conocimiento del medio físico implica por una parte cuantificar la extensión del entorno y definir sus cualidades antes de la operación del proyecto, a modo de inventario o definición de la denominada "línea de base ambiental" o situación pre-operacional.

La obra no presenta cuestiones de naturaleza ambiental que puedan ser calificadas como altamente críticas, dadas las características del trazado y los rasgos generales del ambiente atravesado.

VARIABLE	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Calidad de Aire	<p>Aumento de niveles de inmisión de partículas.</p> <p>Aumento de niveles de inmisión de metales pesados.</p>	<p>Control del parque automotor utilizado para la realización de la obra vial y su mantenimiento</p> <p>Localización del obrador alejado de las zonas más pobladas para disminuir los efectos de inmisión de partículas</p> <p>Mejorar condiciones de funcionamiento de la vía.</p> <p>Mantener un tráfico fluido y una velocidad constante</p> <p>Señalización clara con las recomendaciones adecuadas</p> <p>Mantener la existencia de las barreras forestales en los bordes de la vía para dificultar la dispersión de los contaminantes.</p>
Ruido	Incremento de los niveles sonoros, continuos y/o puntuales	<p>Control de niveles de ruido de las operaciones de los obradores.</p> <p>Control del parque automotor para la realización de la obra vial y su mantenimiento.</p> <p>Construcción de firmes menos ruidosos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limitación de la velocidad • Barreras sónicas • Incrementar la fluidez del tráfico
<p>Cambios en el drenaje natural.</p> <p>Efectos sobre los niveles superficiales y subterráneos</p>	<p>Efecto barrera.</p> <p>Afecciones a masas de agua superficiales y subterráneas</p> <p>Alteración de los sistemas de riego.</p>	<p>Estudiar y analizar la construcción de alcantarillas.</p> <p>Minimizar interferencias en las zonas de recarga.</p> <p>Uso de medidas contra la erosión.</p> <p>Impedir el vertido de aceites y grasas de la maquinaria de obra y mantenimiento.</p> <p>Recoger y tratar los aceites, grasas y combustibles.</p> <p>Evitar que los sólidos disueltos lleguen a los cursos o lo hagan con el menor contenido en sólidos y nutrientes.</p> <p>Colocar parapetos para retener los sedimentos durante la obra.</p>

		<p>Utilizar balsas de decantación.</p> <p>Plantar vegetación como retención de aguas.</p> <p>Formular planes y medidas de emergencia para los vertidos accidentales.</p> <p>Sobredimensionar los pasos inferiores de los terraplenes y puentes para minimizar el efecto barrera.</p> <p>Se recomienda un trabajo cuidadoso en coordinación con Recursos Hídricos para el manejo de los canales de riego.</p> <p>Evitar la contaminación generada por el incremento del tráfico rodado y de la maquinaria de mantenimiento y el uso de aditivos.</p>
<p>Condiciones geológicas, geomorfológicas y edáficas</p>	<p>Destrucción directa</p> <p>Disminución de la calidad edáfica por aumento de las emisiones de Pb</p>	<p>Adecuada localización del área de extracción de áridos.</p> <p>Diseñar apropiadamente las canteras y el Obrador.</p> <p>La superficie ocupada por la acumulación de materiales debe quedar reducida al mínimo posible, y seleccionado las áreas con el menor valor edáfico.</p> <p>Cuidar los movimientos y tránsito de maquinaria de obra y mantenimiento para evitar la compactación de los suelos.</p> <p>Clausura del sitio de extracción con posterioridad a la terminación de la obra, realizándose tareas de relleno y nivelación, eliminación de montículos, huellas de maquinaria vial y todo tipo de materiales no propios del sitio.</p> <p>Prever la localización de caminos de acceso al sitio de retiro de los materiales minimizando las alteraciones.</p> <p>Evitar la destrucción directa de los suelos reutilizando los materiales.</p> <p>Recoger, acopiar y tratar suelos con valor agroecológico, recubriendo zonas sin suelo con una capa productiva.</p> <p>Al finalizar la etapa de obra se puede proceder a realizar un laboreo de estas superficies para proceder a su recuperación.</p> <p>Estricto control del parque automotor utilizado para la realización de la obra vial y su mantenimiento, para disminuir el riesgo de degradación de los suelos por inmisión de contaminantes.</p>

<p>Daños a la flora y fauna</p>	<p>Dstrucción directa de vegetación</p> <p>Pérdida de hábitat para fauna y ligares de nidificación</p>	<p>Minimizar la superficie alterada.</p> <p>Recuperación por implantación o colonización.</p> <p>Mantenimiento y reposición de barrera forestal.</p> <p>Evitar cultivos de vegetación sensible a los contaminantes.</p> <p>Estudios de hábitos y comportamiento de las diferentes poblaciones faunísticas implicadas.</p>
<p>Población</p>	<p>Efecto en la generación de empleo</p> <p>Modificaciones en el sistema de seguridad vial por aumento de tráfico por conservación, accesibilidad e iluminación</p> <p>Efectos en la salud por inmisión de contaminantes</p> <p>Efectos en la salud por ruidos</p>	<p>Controlar el parque automotor utilizado para la realización de la obra vial, y también en la etapa de su mantenimiento.</p> <p>Localizar el obrador alejado de las zonas más pobladas.</p> <p>Mejorar las condiciones de funcionamiento de la vía manteniendo un tráfico fluido y una velocidad constante.</p> <p>Señalizar claramente con las recomendaciones adecuadas, aumentando la seguridad vial.</p> <p>Incluir acciones que facilitan la dispersión de contaminantes, con el mantenimiento y/o recuperación de la barrera forestal.</p> <p>Incluir acciones que facilitan la dispersión de contaminantes, con el mantenimiento y/o recuperación de la barrera forestal.</p> <p>Incluir acciones de reducción de ruidos con barreras sonoras.</p> <p>Priorizar la contratación de trabajadores residentes en el área. De lo contrario, su impacto sobre el empleo local será nulo.</p> <p>Mejorar las condiciones de accesibilidad a la vía, aumentando la seguridad vial.</p> <p>Mejorar las condiciones de iluminación de la vía, aumentando la seguridad vial.</p> <p>Disminuir el efecto barrera con el diseño de un esquema de cruces transversales, aumentando la seguridad vial.</p>
<p>Sectores de la Producción</p>	<p>Alteraciones por traslados de redes de servicio</p>	<p>Controlar el parque automotor utilizado para la realización de la obra vial, y también en la etapa de su mantenimiento.</p>

	<p>Alteraciones en la accesibilidad por efecto barrera</p> <p>Alteraciones en la conectividad</p> <p>Intersección de propiedades agrícolas</p> <p>Productividad de los terrenos aledaños por contaminación y/o plagas</p> <p>Modificaciones en la actividad económica</p> <p>Cambios en la situación ocupacional</p>	<p>Localizar el obrador lo más alejado posible de las zonas más productivas.</p> <p>Mejorar las condiciones de funcionamiento de la vía manteniendo un tráfico fluido y una velocidad constante</p> <p>Señalizar claramente con las recomendaciones adecuadas, aumentando la seguridad vial.</p> <p>Incluir acciones que facilitan la dispersión de contaminantes, con el mantenimiento y/o recuperación de la barrera forestal.</p> <p>Incluir acciones de reducción de ruidos con barreras sonoras.</p> <p>Sostener la política de no producir expropiaciones de terrenos productivos. De lo contrario, se genera un impacto negativo.</p> <p>Priorizar la contratación de trabajadores residentes en el área. De lo contrario, su impacto sobre el empleo local, permanente o temporario, será nulo.</p> <p>Mejorar las condiciones de accesibilidad a la vía, aumentando la seguridad vial.</p> <p>Mejorar las condiciones de iluminación de la vía, aumentando la seguridad vial.</p> <p>Disminuir el efecto barrera con el diseño de un esquema de cruces transversales, aumentando la seguridad vial.</p> <p>Disminuir el efecto barrera con el diseño de un esquema de cruces transversales, aumentando la conectividad de las propiedades rurales a ambos lados de la ruta.</p> <p>Aumentar la conectividad entre las distintas localidades.</p> <p>Realizar un diseño cuidadoso para la remodelación de las instalaciones de servicios.</p>
<p>Factores socio culturales</p>	<p>Modificaciones en el sistema de vida local por efecto barrera</p> <p>Modificaciones en el sistema de vida local por efecto de la conectividad</p> <p>Efectos en el patrimonio histórico-</p>	<p>Diseñar adecuadamente, y con la mayor frecuencia posible, pasos y cruces transversales tanto para peatones como para vehículos, que aumente la seguridad de los cruces.</p> <p>Planificar las actividades relacionadas con movimientos de maquinarias, camiones, desmontes, asfaltados, canalizaciones, ruidos, contaminación, para disminuir los inconvenientes y la alteración de la rutina cotidiana de la comunidad.</p> <p>Cuando el trazado de la infraestructura ocasiona la desaparición de algún elemento cultural singular, deberá analizarse la posibilidad de su traslado y su reconstrucción dentro de las proximidades de su localización</p>

	cultural	originaria. Realizar una cuidadosa elección del sitio para obtención de áridos, minimizando el riesgo de destrucción del patrimonio geológico-cultural.
Sistema territorial	Intersección de servicios Desarrollo urbano local Elección del sitio para obtención de áridos Cambios en las condiciones territoriales por accesibilidad longitudinal	Trabajar en forma integrada para una planificación territorial estratégica llevada adelante por todos los sectores involucrados.
Paisaje	Intrusión visual de la vía Cambios en la estructura paisajística	Definir medidas de diseño de la vía para adaptarse a las formas del lugar. Respetar el diseño de las barreras forestales existentes, y para aumentar la seguridad vial. Diseñar nuevas barreras visuales, para ocultar elementos no deseados. Respetar la tipología constructiva de la zona.
Conflictos frente a cambios de uso de suelo	Modificación de la estructura agraria Expansión urbana	Trabajar en forma integrada para una planificación territorial estratégica llevada adelante por todos los sectores involucrados, minimizando los conflictos entre usos incompatibles.

Se considera que muchas de las cuestiones planteadas en este análisis podrán mejorar significativamente con la implementación oportuna y eficaz de los mencionados procedimientos y con la aplicación de las medidas de mitigación detalladas anteriormente, a incluirse dentro del Plan de Manejo Ambiental definitivo.

Para una obra vial, el Plan de Manejo Ambiental deberá cumplir como mínimo, lo establecido en el Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de Obras Viales (MEGA II), 2007, en las Especificaciones Técnicas Generales y Particulares de los Pliegos de llamado a licitación y de la Ley Provincial N° 7070 (de Medio Ambiente) y su Decreto Reglamentario N° 3097.

CAPITULO N° 11. – CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

I. -CONSIDERACIONES GENERALES

La evaluación del presupuesto de la obra consiste en determinar las mediciones longitudinales, volumétrica y área de cada uno de los ítems intervinientes en el proyecto, en los análisis de precios se consideran rubros como equipos, materiales y mano de obra. Estos análisis se realizaron para todos los ítems para así obtener un precio unitario. Las tareas consideradas fueron:

Desbosque, Destronque y Limpieza de Zona de Camino
Excavación no clasificada
Terraplén con Compactación Especial con Transporte de Materiales
Preparación de la Subrasante
Construcción de Sub-Base Granular
Construcción de Base Granular
Construcción de Banquinas Enripiadas
Carpeta con Mezcla Bituminosa de Concreto Asfáltico (Mezcla en Caliente $e_{min}=0,07m$)
Riego de Liga
Imprimación
Demolición de Pavimento Existente
Pavimento de Hormigón, incl. cordón montable ($e_{min}=0,25$)
Señalamiento Horizontal - Por Extrusión
Señalamiento Vertical Provisión y Colocación
Iluminación
Movilidad para el Personal de Supervisión - Cuota Mensual
Movilidad para el Personal de Supervisión - Adicional por Kilometro
Provisión de Vivienda para el Personal de Supervisión

Una vez determinado el precio de cada uno, se prosiguió, a realizar el cómputo de cada tarea, esto se logró con la ayuda del software AutoCad Civil 3D, el cual nos brindó la información necesaria por ejemplo del volumen de terraplén, desmonte, volumen de base, sub-base, etc.

A continuación, se detalla, a modo de ejemplo el análisis de precio de uno de los ítems considerados, TERRAPLEN CON COMPACTACION ESPECIAL, el resto de ellos se encuentran en Anexos.


3 TERRAPLENES CON COMPACTACION ESPECIAL CON SUELO A PROVEER POR EL CONTRATISTA (Comercial)							
Medido en posición definitiva.							
Cantidad	Equipo	Potencia	Valor Unidad	Costo		Rubro	Incid. %
1	Motoniveladora - 143	143 HP	\$ 3.316.893,20	\$ 3.316.893,20		Materiales	86,5
1	Tractor neumático	102 HP	\$ 799.371,26	\$ 799.371,26		A e I	2,4
1	Rodillo pata de cabra doble cuerpo	0 HP	\$ 235.981,03	\$ 235.981,03		Rep. y Rep.	1,6
1	Rodillo neumático autopropulsado	94 HP	\$ 1.706.954,00	\$ 1.706.954,00		Comb. y Lub.	4,1
						Transportes	0,0
						Mano de obra	5,4
		339 HP		\$ 6.059.199,50			100,0
Gas-Oil:	15,58 \$/l		Amortización e Intereses: $\frac{\text{Costo equipo} \times 8\text{h/día} \times 0,9}{10000 \text{ h}}$ + $\frac{\text{Costo equipo} \times 7\%/a \times 8\text{h/día}}{2 \times 2000 \text{ h/a}}$				0,00086 \$/día
Oficial:	1.621,73 \$/día						
Ayudante:	1.372,70 \$/día						
Rendimiento de ejecución:	600 m3/día		Reparaciones y Repuestos: $\frac{\text{Costo equipo} \times 8 \text{ h/día} \times 0,90 \times 0,80}{10000 \text{ h}}$				0,00058 \$/día
			Combustibles y lubricantes p/ equipos: $\text{HP} \times 0,16 \text{ lts/HP} \times 8 \text{ h/día} \times \text{Precio gas-oil} \times 1,30$				25,92264 \$/día
			Combustibles y lubricantes p/ camiones de 8 tn: $80 \text{ lts} \times \text{precio del gas-oil} \times 1,30$				1.620,16529 \$/día
RUBRO I - MATERIALES							
Designación	Cuántia	Precio Origen	Importe Origen	Precio Transporte	Importe Transporte	Precio Unitario	Parcial Rubro I
Agua para terraplenes	0,250 m3/m3	43,96 \$/m3	10,99 \$/m3	54,96 \$/m3	13,74 \$/m3	109,91 \$/m3	27,48 \$/m3
Suelo seleccionado	1,100 t/m3	210,09 \$/t	231,10 \$/m3	43,52 \$/t	47,87 \$/m3	258,70 \$/t	284,57 \$/m3
			242,09 \$/m3		61,61 \$/m3		
						Total Rubro I	312,05 \$/m3
RUBRO II - EQUIPOS							
Equipo	Cantidad	Rendimiento	A e I	Rep. y Rep.	Comb. y Lub.	Parcial Rubro II	
Motoniveladora - 143	1	600 m3/día	4,75 \$/m3	3,18 \$/m3	6,18 \$/m3	14,12 \$/m3	
Tractor neumático	1	600 m3/día	1,15 \$/m3	0,77 \$/m3	4,41 \$/m3	6,32 \$/m3	
Rodillo pata de cabra doble cuerpo	1	600 m3/día	0,34 \$/m3	0,23 \$/m3	0,00 \$/m3	0,56 \$/m3	
Rodillo neumático autopropulsado	1	600 m3/día	2,45 \$/m3	1,64 \$/m3	4,06 \$/m3	8,15 \$/m3	
			8,68 \$/m3	5,82 \$/m3	14,65 \$/m3		
					Total Rubro II	29,15 \$/m3	
RUBRO III - TRANSPORTES							
Designación	Cuántia	D.E.T. (Km)	Precio Unitario	Parcial Rubro III			
				Total Rubro III	0,00 \$/m3		
RUBRO IV - MANO DE OBRA							
Personal	Cantidad	Costo diario	Rendimiento	Parcial Rubro IV			
Oficiales	4	1.621,73 \$/día	600 m3/día	10,81 \$/m3			
Ayudantes	3	1.372,70 \$/día	600 m3/día	6,86 \$/m3			
				17,68 \$/m3			
Vigilancia 10%				1,77 \$/m3			
			Total Rubro IV	19,44 \$/m3			
Costo Neto: Rubro I, II, III y IV	360,64 \$/m3	x	1,6803 %	=	605,98 \$/m3		
		Adoptado:	606,00 \$/m3				

I.1. - PRESUPUESTO

Una vez resuelto todos los análisis de precios unitarios y determinadas las cantidades de cada ítem, se procede a obtener el presupuesto total de la Obra, multiplicando el precio unitario por la cantidad. Se determinó el presupuesto de obra tanto de la ruta como de la rotonda por separado, como se muestra a continuación.

El Presupuesto total de obra **\$195.906.100,00** (pesos ciento noventa y cinco millones novecientos seis mil cien con 00/100).

COMPUTO Y PRESUPUESTO- ROTONDA						
(Referidos al mes de Mayo de 2017)						
ITEM N°	DESIGNACION OBRAS A EJECUTAR	UN.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	%
1	Desbosque, Destronque y Limpieza de Zona de Camino	HA	12.90	20,349.30	262,505.97	1.60
2	Excavación no clasificada	M3	10,320.00	120.90	1,247,688.00	7.61
3	Terraplén con Compactación Especial con Transporte de Materiales	M3	160.00	606.00	96,960.00	0.59
4	Preparación de la Subrasante	M2	5,846.25	110.30	644,841.38	3.93
6	Construcción de Base Granular	M3	5,846.25	901.80	5,272,148.25	32.17
7	Construcción de Banquinas Enripiadas	M3	1,000.00	867.70	867,700.00	5.29
11	Demolición de Pavimento Existente	M2	4,997.30	82.10	410,278.33	2.50
12	Pavimento de Hormigón, incl. cordón montable (emin: 0,25)	M2	5,846.25	1,062.90	6,213,979.13	37.92
14	Señalamiento Horizontal - Por Extrusión	M2	200.00	548.70	109,740.00	0.67
15	Señalamiento Vertical Provisión y Colocación	M2	50.00	8,150.70	407,535.00	2.49
16	Iluminación	N°	16.00	53,451.30	855,220.80	5.22
IMPORTE TOTAL					\$ 16,388,596.85	
					NOVIEMBRE 2017	
ADOPTADO \$ 16,388,600.00						

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SALTA						
PROVINCIA DE SALTA						
CARRETERA EMBARCACION ORAN						
INTERSECCION RN N° 34						
 UNIVERSIDAD CATOLICA DE SALTA						
COMPUTO Y PRESUPUESTO RUTA				(Referidos al mes de Mayo de 2017)		
ITEM N°	DESIGNACION OBRAS A EJECUTAR	UN.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	%
1	Desbosque, Destronque y Limpieza de Zona de Camino	HA	450.52	20,349.30	9,167,848.03	5.11
2	Excavación no clasificada	M3	216,238.63	120.90	26,143,250.37	14.56
3	Terraplén con Compactación Especial con Transporte de Materiales	M3	188,015.08	606.00	113,937,138.48	63.47
4	Preparación de la Subrasante	M2	34,336.00	110.30	3,787,260.80	2.11
5	Construcción de Sub-Base Granular	M3	9,381.53	877.90	8,236,045.19	4.59
6	Construcción de Base Granular	M3	5,628.92	901.80	5,076,160.06	2.83
7	Construcción de Banquinas Enripiadas	M3	6,124.80	867.70	5,314,488.96	2.96
8	Carpeta con Mezcla Bituminosa de Concreto Asfáltico (Mezcla en Caliente emin=0.07m)	M2	8,723.96	374.39	3,266,143.56	1.82
9	Riego de Liga	M2	68,672.00	6.40	439,500.80	0.24
10	Imprimación	M2	34,336.00	12.80	439,500.80	0.24
14	Señalamiento Horizontal - Por Extrusión	M2	2,677.75	548.70	1,469,281.43	0.82
15	Señalamiento Vertical Provisión y Colocación	M2	100.00	8,150.70	815,070.00	0.45
16	Baranda Metalica	N°	3,920.00	348.80	1,367,296.00	0.76
17	Movilidad para el Personal de Supervisión - Cuota Mensual	GL	1.00	23,991.70	23,991.70	0.01
18	Movilidad para el Personal de Supervisión - Adicional por Kilometro	GL	1.00	7.10	7.10	0.00
19	Provisión de Vivienda para el Personal de Supervisión	GL	1.00	34,530.20	34,530.20	0.02
				IMPORTE TOTAL	\$ 179,517,513.47	
					NOVIEMBRE 2017	
ADOPTADO \$ 179,517,500.00						

El precio por km es: **\$ 35.903.500,00**

CAPITULO N° 12. – CONCLUSIÓN

En el presente trabajo, se pudo determinar la importancia que tiene el diseño geométrico de una carretera y el cumplimiento de los parámetros mínimos de diseño, para que los usuarios puedan transitar con comodidad y seguridad. Con el avance de nuestro trabajo se puede ver la necesidad de proyectar variantes sobre la traza actual del camino debido a que éstas no cumplían con las Normas, de esta manera se buscó respetar lo máximo posible la traza actual y solo proponer mejoras en las progresivas que fueron necesarias.

Otro punto importante de nuestro trabajo fue la intersección con la Ruta Nacional 34, si bien en un principio y debido al poco conocimiento del tema, nos propusimos realizar el diseño de un distribuidor sobre nivel, a partir del estudio de las normativas de diseño, se concluyó que no era factible, eficiente y económico el desarrollo de este tipo de distribuidor, por lo que se decidió que la opción más correcta y coherente era proyectar una rotonda moderna.

Por otro lado, cabe mencionar, que debido a que el TMDA de diseño fue estimado por tratarse de una traza nueva, lo importante es que, si este tránsito estimado fuese mayor que el real al momento de la habilitación del tramo, el periodo de diseño se reduciría, con lo cual la serviciabilidad y el deterioro se daría en un tiempo más corto y se deberán realizar tarea de mantenimiento y conservación en un periodo menor, como tareas de repavimentación, bacheos, etc., que no fueron tenidas en cuenta. De lo contrario, si el tránsito real fuese menor al TMDA estimado, la serviciabilidad y el deterioro va a ser menor, con lo cual las tareas de mantenimiento también reducirá, o bien deberán ejecutarse en un periodo mayor al periodo de diseño..

Para finalizar, queremos resaltar, todas las experiencias a lo largo del desarrollo del trabajo, desde compartir grandes momentos en las mediciones de campo, el trabajo de gabinete, las tareas de laboratorio, y más que nada largas noches de trabajo en equipo, destacando el compromiso entre nosotros, planificando cada uno de los pasos y muchas veces generando discusiones desde el punto de vista de ingeniería, para tomar la mejor decisión de la propuesta en estudio.

Lo más satisfactorio del proyecto, fue el aprendizaje de nuevas herramientas de trabajo, como el uso de la estación total para el levantamiento de la superficie, el software AutoCad Civil 3D, el módulo *Vehicle Tracking*, Global mapper, etc., la aplicación de las Normas de Diseño de Vialidad Nacional, nos solo para el proyecto de nuestra variante, sino también para el proyecto de la rotonda.

CAPITULO N° 13. – BIBLIOGRAFIA

- *Norma de diseño geométrico de caminos rurales*. Ing. Federico Ruhle. 1967. Dirección Nacional de Vialidad.
- *Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial*. Actualización 2010- EICAM, Escuela de Ingeniería de Camino de Montaña.
- *Diseño de pavimentos, Método AASHTO 93*, Ing Oscar Cordo. 1998- San Juan- EICAM Universidad Nacional de San Juan.
- *Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón*. Instituto del Cemento Prtland Argentino.
- *Carreteras, Calles y Aeropistas*. Raúl Valle Rodas. 1976. Sexta edición. El Ateneo.
- *Sistema de señalización vial uniforme. Anexo L – DTO. 779/95. Texto reglamentario del art. 22 de la ley 24.449* Dirección Nacional de Vialidad. 1995..
- *Cómputos y presupuestos* Mario E. Chandías & Jose Martin Ramos. 2006.. 21° edición. Librería y editorial Alsina.
- *Apuntes de Catedra:*
 - Topografía (3° Año).
 - Vías de Comunicación (4° Año).
 - Construcción de Carreteras (5° Año).
- *Página Oficial de la Dirección Nacional de Vialidad*. www.vialidad.gov.ar.
- *Ley N° 7070 de Protección del Medio Ambiente de la Provincia de Salta*.
- *Ley N° 7543 Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo de la Provincia*.